

ISSN 2311-2905 (print)
ISSN 2542-0933 (online)



ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ РОССИИ

TRAUMATOLOGY
AND ORTHOPEDICS
OF RUSSIA

2024 • Т. 30 • № 1

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 2311-2905 (print)
ISSN 2542-0933 (online)

Traumatology and Orthopedics of Russia

Vol. 30, N 1, 2024

QUARTERLY SCIENTIFIC AND PRACTICAL PEER-REVIEWED JOURNAL

Journal founded in 1993

FOUNDERS

- Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics
- Eco-Vector

PUBLISHER

Eco-Vector
Address: 3A, Aptekarskiy lane, office 1N,
St. Petersburg, 191186, Russia
e-mail: info@eco-vector.com
<https://eco-vector.com>
Phone: +7(812)648-83-67

EDITORIAL OFFICE

Address: 8, Akademika Baikova st.,
St. Petersburg, Russia, 195427
e-mail: journal@rniito.org
<https://journal.rniito.org>
Phone: +7(812)670-86-84

INDEXING

Scopus
Emerging Sources Citation Index
(Web of Science)
Russian Science Citation Index
Google Scholar
Directory of Open Access Journals (DOAJ)
WorldCat
BASE
Dimensions
Ulrich's Periodicals Directory
OpenAIRE

The journal is listed among the peer-reviewed scientific periodicals recommended by Higher Attestation Commission at the Ministry of Education and Science.

The journal is registered by Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications.
Registration certificate PI No. FC77-82474 was issued on December 10, 2021.



The content is available under the Creative Commons – Attribution 4.0 International, CC-BY license.

Editors: I.V. Kolesnikova, A.S. Shen
Layout: I.N. Bukreeva
Translator: M.A. Sergeeva

Printed in "Typography Lesnik",
197183, St. Petersburg, Sabirovskaya st., 37

© Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia, 2024
© Eco-Vector, 2024

Editor-in-Chief

Rashid M. Tikhilov – Dr. Sci. (Med.), Professor
(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

Deputy Editor-in-Chief

Igor I. Shubnyakov – Dr. Sci. (Med.)
(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

Executive secretary

Irina V. Kolesnikova
(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

EDITORIAL BOARD

Ildar F. Akhtyamov – Dr. Sci. (Med.), Professor (Kazan State Medical University, Kazan, Russia)
Aleksey G. Baidurashvili – Dr. Sci. (Med.), Professor (Turner National Medical Research Center of Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia)
Igor G. Belenkiy – Dr. Sci. (Med.) (Dzhanelidze St. Petersburg Emergency Research Institute, St. Petersburg, Russia)
Mikhail V. Belov – Cand. Sci. (Med.) (Solovyov Clinical Emergency Hospital, Yaroslavl, Russia)
Svetlana A. Bozhkova – Dr. Sci. (Med.) (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)
Dmitry Yu. Borzunov – Dr. Sci. (Med.) (Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia)
Vadim E. Dubrov – Dr. Sci. (Med.), Professor (Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia)
Aleksander K. Dulaev – Dr. Sci. (Med.), Professor (Pavlov University, St. Petersburg, Russia)
Luigi Zagra – MD, Professor (Galeazzi Orthopedic Institute, Milan, Italy)
Nikolai N. Kornilov – Dr. Sci. (Med.) (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)
Andrey V. Korolev – Dr. Sci. (Med.), Professor (European Clinic of Sports Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia)
Andrey A. Korytkin – Cand. Sci. (Med.) (Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russia)
Aleksander Yu. Kochish – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)
Veit Krenn – MD, Professor (Center for Histology, Cytology and Molecular Diagnostics, Trier, Germany)
Djoldas Kuldjanov – MD, Professor (University Hospital, St. Louis, USA)
Dmitry A. Malanin – Dr. Sci. (Med.), Professor (Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia)
Alexander M. Miromanov – Dr. Sci. (Med.), Professor (Chita State Medical Academy, Chita, Russia)
Vyacheslav N. Mitrofanov – Cand. Sci. (Med.) (Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia)
Valery Yu. Murylev – Dr. Sci. (Med.), Professor (Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia)
Javad Parvizi – MD, Professor (Rothman Institute, Philadelphia, USA)
Carsten Perka – MD, Professor (Charité – University Medicine, Berlin, Germany)
Dmitry A. Ptashnikov – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)
Sergey O. Ryabykh – Dr. Sci. (Med.) (Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia)
Andrey P. Sereda – Dr. Sci. (Med.) (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)
Leonid N. Solomin – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)
Marc Thomsen – MD, Professor (Mittelbaden Clinics Baden-Baden Balg, Baden-Baden, Germany)
Vladimir V. Khominets – Dr. Sci. (Med.), Professor (Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia)
Robert Hube – MD, Professor (Center of Arthroplasty, Munich, Germany)

The editors are not responsible for the content of advertising materials. The point of view of the authors may not coincide with the opinion of the editors. Only articles prepared in accordance with the guidelines are accepted for publication. By sending the article to the editor, the authors accept the terms of the public offer agreement. The guidelines for authors and the public offer agreement can be found on the website: <https://journal.rniito.org>. Permissions to reproduce material must be obtained in writing to the publisher and retained in order to confirm the legality of using reproduced materials.



Травматология и ортопедия России

Том 30, Выпуск 1, 2024

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал основан в 1993 г.

УЧРЕДИТЕЛИ

- ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России
- ООО «Эко-Вектор»

ИЗДАТЕЛЬ

ООО «Эко-Вектор»
Адрес: 191186, г. Санкт-Петербург,
Аптекарский пер., д. 3, литера А, помещение 1Н
E-mail: info@eco-vector.com
<https://eco-vector.com>
тел.: +7(812)648-83-67

РЕДАКЦИЯ

Адрес: 195427, Санкт-Петербург,
ул. Академика Байкова, дом 8;
тел.: +7 (812) 670-86-84
e-mail: journal@rniito.org
<https://journal.rniito.org>

ИНДЕКСАЦИЯ

Scopus
Emerging Sources Citation Index (Web of Science)
RSCI на платформе Web of Science
РИНЦ
Google Scholar
BASE
Dimensions
DOAJ (Directory of Open Access Journals)
Ulrich's Periodicals Directory
WorldCat
OpenAIRE

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендуемых ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

Журнал зарегистрирован Госкомитетом печати, телерадиовещания и массовых коммуникаций 12 апреля 1993 г. (Свидетельство № 0110540). Перерегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия СМИ 10 декабря 2021 г. (свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-82474)



Контент журнала доступен под лицензией Creative Commons – Attribution 4.0 International, CC-BY.

Распространяется по подписке:
Индекс **ПНО30** в каталоге «Почта России»;
Индекс **33020** в объединенном каталоге «Пресса России»

Редакторы Колесникова И.В., Шен А.С.
Технический редактор Гаврилова С.В.
Переводчик: Сергеева М.А.

ООО «Типография Лесник», 197183, Санкт-Петербург,
ул. Сабиловская, д. 37.
Тираж 250 экз.
Цена свободная.

Главный редактор

Тихилов Рашид Муртузалиевич – чл.-кор. РАН, д-р мед. наук, профессор (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

Заместитель главного редактора

Шубняков Игорь Иванович – д-р мед. наук (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

Ответственный секретарь

Колесникова Ирина Владимировна
(НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ахтямов И.Ф. – д-р мед. наук, профессор (Казанский ГМУ, Казань, Россия)
Баиндурашвили А.Г. – академик РАН, д-р мед. наук, профессор (НМИЦ ДТО им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия)
Беленький И.Г. – д-р мед. наук (СПб НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, Санкт-Петербург, Россия)
Белов М.В. – канд. мед. наук (Клиническая больница скорой медицинской помощи им. Н.В. Соловьевы, Ярославль, Россия)
Божкова С.А. – д-р мед. наук (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)
Борзунов Д.Ю. – д-р мед. наук (Уральский ГМУ, Екатеринбург, Россия)
Дубров В.Э. – д-р мед. наук, профессор (МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия)
Дулаев А.К. – д-р мед. наук, профессор (ПСПбГМУ им. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия)
Загра Л. – д-р медицины, профессор (Ортопедический институт Галеацци, Милан, Италия)
Корнилов Н.Н. – д-р мед. наук (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)
Королев А.В. – д-р мед. наук, профессор (ЕCSTO, Москва, Россия)
Корыткин А.А. – канд. мед. наук (Новосибирский НИИТО им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия)
Кочиш А.Ю. – д-р мед. наук, профессор (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)
Кренн В. – д-р медицины, профессор (Центр гистологии, цитологии и молекулярной диагностики, Трир, Германия)
Кульджанов Д. – д-р медицины, профессор (Университетская клиника, Сент-Луис, США)
Маланин Д.А. – д-р мед. наук, профессор (Волгоградский ГМУ, Волгоград, Россия)
Мироманов А.М. – д-р мед. наук, профессор (Читинская ГМА, Чита, Россия)
Митрофанов В.Н. – канд. мед. наук (Приволжский исследовательский медицинский университет, Н. Новгород, Россия)
Мурылев В.Ю. – д-р мед. наук, профессор (Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия)
Парвизи Дж. – д-р медицины, профессор (Институт Ротмана, Филадельфия, США)
Перка К. – д-р медицины, профессор (Центр скелетно-мышечной хирургии Университетской клиники Шарите, Берлин, Германия)
Пташников Д.А. – д-р мед. наук, профессор (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)
Рябых С.О. – д-р мед. наук (РНМУ им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия)
Середа А.П. – д-р мед. наук (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)
Соломин Л.Н. – д-р мед. наук, профессор (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)
Томсен М. – д-р медицины, профессор (Клиника Миттельбаден, Баден-Баден, Германия)
Хоминец В.В. – д-р мед. наук, профессор (ВМедА им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия)
Хубэ Р. – д-р медицины, профессор (Центр эндопротезирования, Мюнхен, Германия)

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Точка зрения авторов может не совпадать с мнением редакции. К публикации принимаются только статьи, подготовленные в соответствии с правилами для авторов. Направляя статью в редакцию, авторы принимают условия договора публичной оферты. С правилами для авторов и договором публичной оферты можно ознакомиться на сайте: <https://journal.rniito.org>. Полное или частичное воспроизведение материалов, опубликованных в журнале, допускается только с письменного разрешения издателя и редакции, ссылка на журнал обязательна.

CONTENTS

CLINICAL STUDIES

Miguleva I.Yu., Fain A.M. Flexor Tendon Grafting as Reoperative Procedure for Injuries within Fingers and Thumb.....	5
Chulovskaya I.G., Egiazaryan K.A., Kosmynin V.S., Zharov D.S., Titov A.A. Mucous Cysts of Fingers: Diagnostics and Treatment Mistakes.....	14
Mironov A.R., Demin A.S., Rodomanova L.A., Abdiba N.V., Ushakov M.D., Plotnikovs K., Movcans J. The Russian Version of the Michigan Hand Outcomes Questionnaire: Cross-Cultural Adaptation and Validation.....	25
Khalilizad M., Ghezelsola F., Mouodi S., Jokar R., Ganji S.M.E., Bahrami M., Ahangar S.K., Khafri S. Wrist Radiographic Indices and Patients' Performance Following Three Surgical Methods for Management of Distal Radius Fractures: A Randomized Single-Blind Controlled Trial.....	32
Tikhilov R.M., Dzhavadov A.A., Koptsov A.V., Filonov P.V., Kurbanova S.M., Shubnyakov I.I. Which Factors Can Lead to Subsidence of a Non-Modular Tapered Stem after Revision Hip Arthroplasty?	42
Kotelnikov G.P., Kudashev D.S., Zuev-Ratnikov S.D., Shorin I.S., Asatryan V.G., Knyazev A.A. Comparative Assessment of Surgical Treatment Results of Patients with Early-Stage Avascular Necrosis of the Femoral Head	52
Kasimova A.R., Tufanova O.S., Gordina E.M., Gvozdetsky A.N., Radaeva K.S., Rukina A.N., Bozhkova S.A., Tikhilov R.M. Twelve-Year Dynamics of Leading Pathogens Spectrum Causing Orthopedic Infection: A Retrospective Study	66
Gofer A.S., Alekperov A.A., Gurazhev M.B., Avdeev A.K., Lukinov V.L., Rubtsov D.V., Pavlov V.V. Mid-term Results of a Single-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Retrospective Analysis of 36 Cases	76

EXPERIENCE EXCHANGE

Rodomanova L.A. Osteo-Cutaneous Reconstruction of the Thumb by Radial Composite Flap	89
Melnikov V.S., Dubrov V.E., Zelyanin A.S., Babaeva Ju.V., Pashkovskaya A.A., Zhalyalov I.S. Capabilities of Dynamic Infrared Thermography for Planning and Monitoring of Perforating Flaps.....	99

CASE REPORTS

Tkachenko M.V., Khominets V.V., Ivanov V.S., Kitachev K.V. Long-Term Treatment Outcome of a Patient with Extensive Circular Soft Tissue Defect of the Distal Third of the Lower Extremity: A Case Report	110
Chugaev D.V., Kuliaba T.A., Petukhov A.I., Martynenko A.I. Disengagement of Polyethylene Insert Locking Mechanism in Modular Tibial Components for Knee Arthroplasty: A Case Report	120

REVIEWS

Latypov N.A., Golubev I.O. Treatment of Distal Radius Fractures in Elderly Patients: A Review	129
Bolshakova D.A., Kardanov A.A., Maysigov M.N., Korolev A.V. "Morton's Neuroma" — Term Etymology: A Review	142

COMMENTS

Kazhanov I.V. Comment on the Article by N.N. Zadneprovskiy et al. "Suggestions for the Introduction of Some New Terms in Surgery of Pelvic and Acetabulum Fractures"	150
---	-----

СОДЕРЖАНИЕ

КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Мигулева И.Ю., Файн А.М. Пластика сухожилия глубокого сгибателя как повторное вмешательство после неуспешного лечения повреждений в области пальцев кисти	5
Чуловская И.Г., Егиазарян К.А., Космынин В.С., Жаров Д.С., Титов А.А. Мукозные кисты пальцев кисти: ошибки диагностики и лечения	14
Мионов А.Р., Демин А.С., Родманова Л.А., Абдиба Н.В., Ушаков М.Д., Плотников К., Мовчанс Е. Кросс-культурная адаптация и валидация русскоязычной версии Michigan Hand Outcomes Questionnaire	25
Халилизад М., Гезельсофла Ф., Муоди С., Джокар Р., Ганджи С.М.Э., Бахрами М., Ахангар С.К., Хафри С. Рентгенометрические показатели лучезапястного сустава и функциональные результаты хирургического лечения переломов дистального отдела лучевой кости с применением трех методик: рандомизированное контролируемое исследование	32
Тихилов Р.М., Джавадов А.А., Копцов А.В., Филонов П.В., Курбанова С.М., Шубняков И.И. Какие факторы могут привести к проседанию немодульного конического бедренного компонента после ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава?	42
Котельников Г.П., Кудашев Д.С., Зуев-Ратников С.Д., Шорин И.С., Асатрян В.Г., Князев А.А. Сравнительная оценка результатов оперативного лечения пациентов с асептическим некрозом головки бедренной кости ранних стадий	52
Касимова А.Р., Туфанова О.С., Гордина Е.М., Гвоздецкий А.Н., Радаева К.С., Рукина А.Н., Божкова С.А., Тихилов Р.М. Двенадцатилетняя динамика спектра ведущих возбудителей ортопедической инфекции: ретроспективное исследование	66

Гофер А.С., Алекперов А.А., Гуражев М.Б., Авдеев А.К., Лукинов В.Л., Рубцов Д.В., Павлов В.В. Среднесрочные результаты одноэтапной ревизионной реконструкции передней крестообразной связки: ретроспективный анализ 36 случаев	76
--	----

ОБМЕН ОПЫТОМ

Родманова Л.А. Кожно-костная реконструкция первого пальца кисти с использованием лучевого кожно-костного комплекса тканей	89
Мельников В.С., Дубров В.Э., Зелянин А.С., Бабаева Ю.В., Пашковская А.А., Жалялов И.С. Возможности динамической инфракрасной термографии для планирования и мониторинга перфорантных лоскутов	99

СЛУЧАИ ИЗ ПРАКТИКИ

Ткаченко М.В., Хоминец В.В., Иванов В.С., Китачёв К.В. Отдаленный результат лечения пациента с обширным циркулярным дефектом мягких тканей нижней трети голени: клинический случай	110
Чугаев Д.В., Куляба Т.А., Петухов А.И., Мартыненко А.И. Разобщение фиксирующего механизма полиэтиленового вкладыша в модульном большеберцовом компоненте эндопротеза коленного сустава: клинический случай	120

ОБЗОРЫ

Латыпов Н.А., Голубев И.О. Лечение переломов дистального метаэпифиза лучевой кости у пожилых пациентов: обзор литературы	129
Большакова Д.А., Карданов А.А., Майсигов М.Н., Королев А.В. Этимология термина «неврома Мортон»: обзор литературы	142

КОММЕНТАРИИ

Кажанов И.В. Комментарий к статье Н.Н. Заднепровского с соавторами «Предложения по введению некоторых новых терминов в хирургию таза и вертлужной впадины»	150
--	-----

Flexor Tendon Grafting as Reoperative Procedure for Injuries within Fingers and Thumb

Irina Yu. Miguleva^{1,2}, Alexey M. Fain^{1,3}

¹ Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russia

² Bauman 29 Municipal Clinical Hospital, Moscow, Russia

³ Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

Abstract

Background. The reoperation rate reported in the literature in cases of flexor tendon injuries within the fingers and thumb is about 20%, but the functional results of these reoperations are barely discussed.

The aim of the study is to evaluate the results of flexor tendon grafting performed as a reoperation in patients who had previously undergone unsuccessful flexor tendon surgery.

Methods. This study reports the outcomes of deep flexor tendon and flexor pollicis longus tendon grafting in 122 fingers of 109 patients depending on two factors — the type of the first failed surgery (tendon suture in 51 fingers or grafting in 71 fingers) and the type of the medical unit where the failed procedure had been performed (hand surgery department in 76 cases or general trauma unit in 46 cases).

Results. Our reoperative grafting procedures led to excellent results in 13 fingers of 51 (25.5% [95% CI: 14-40]) after failed tendon suture and in 32 fingers of 71 (45.1% [95% CI: 33-57]) after failed previous grafting, difference is statistically significant ($\chi^2 = 4.888$; $p = 0.027$). Failed surgeries performed at the hand surgery departments were redone with 48.7% [95% CI: 37-60] of excellent results (in 37 fingers of 76) and 14.5% [95% CI: 7-24] of fair results (in 11 fingers of 76). Failed surgeries performed at the general trauma units were redone with 17.4% [95% CI: 8-31] of excellent results (in 8 fingers of 46). This value statistically significantly differed from the hand surgery department group: $\chi^2 = 12.054$; $p = 0.001$. For a total, excellent results were obtained in 36.9% [95% CI: 28-46] (in 45 fingers of 122) of reoperative grafting procedures and good results in 34.5% [95% CI: 26-43] (in 42 fingers of 122).

Conclusions. Analysis of the functional results of deep flexor tendon and flexor pollicis longus tendon grafting performed as a reoperative procedure showed that the excellent results with full finger function were achievable in patients who had previously undergone unsuccessful flexor tendon surgery in zone II. But in general, the rates of motion recovery were significantly lower than in uncomplicated cases, even with a long history of injury. The worst functional results of reoperations were in patients who had previously been unsuccessfully operated in non-specialized medical units.

Keywords: ruptured flexor tendon repair, ruptured flexor tendon graft.

Cite as: Miguleva I.Yu., Fain A.M. Flexor Tendon Grafting as Reoperative Procedure for Injuries within Fingers and Thumb. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2024;30(1):5-13. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-12236>.

✉ Irina Yu. Miguleva; e-mail: MigulevaIY1@zdrav.mos.ru

Submitted: 28.05.2023. Accepted: 02.11.2023. Published Online: 24.01.2024.

Пластика сухожилия глубокого сгибателя как повторное вмешательство после неуспешного лечения повреждений в области пальцев кисти

И.Ю. Мигулева^{1,2}, А.М. Файн^{1,3}

¹ ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы», г. Москва, Россия

² ГБУЗ «Городская клиническая больница № 29 им. Н.Э. Баумана Департамента здравоохранения г. Москвы», г. Москва, Россия

³ ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, г. Москва, Россия

Реферат

Актуальность. По данным литературы, частота повторных оперативных вмешательств на сухожилиях сгибателей при повреждениях в области фиброзно-синовиальных каналов составляет около 20% и не имеет тенденции к снижению, но функциональные результаты этих повторных операций и их возможности практически не изучены.


Цель исследования — оценить результаты пластики сухожилия глубокого сгибателя пальцев и длинного сгибателя I пальца у пациентов, которые ранее перенесли неуспешные восстановительные операции по поводу повреждения сухожилий в области фиброзно-синовиальных каналов пальцев кисти.


Материал и методы. Были проанализированы функциональные результаты пластики сухожилия глубокого сгибателя пальцев и длинного сгибателя I пальца у 109 пациентов на 122 пальцах в зависимости от двух факторов — характера первого неуспешного вмешательства на сухожилиях (шов в 51 случае и пластика в 71 случае) и типа стационара, где оно было выполнено (в специализированных отделениях кисти в 76 случаях и в травматологических отделениях — в 46 случаях).

Результаты. Повторные операции после неуспешного шва сухожилий и неуспешной пластики принесли отличные результаты в 13 случаях из 51 (25,5% [95% ДИ: 14-40]) и в 32 случаях из 71 (45,1% [95% ДИ: 33-57]) соответственно, различие статистически значимо ($\chi^2 = 4,888$; $p = 0,027$). После предыдущих неуспешных операций в специализированных отделениях травмы кисти наши повторные вмешательства привели к отличным результатам в 48,7% [95% ДИ: 37-60] случаев (в 37 из 76), к посредственным — в 14,5% [95% ДИ: 7-24] (в 11 случаях из 76). В тех случаях, когда предыдущее неуспешное хирургическое лечение проводилось в неспециализированных стационарах, отличные результаты после повторных вмешательств составили 17,4% [95% ДИ: 8-31], посредственные — в 34,8% [95% ДИ: 21-50] (8 из 46). Эти различия с группой пациентов, которым первая неуспешная операция была проведена в специализированном отделении травмы кисти, были статистически значимы $\chi^2 = 12,054$; $p = 0,001$. В общей сложности отличные результаты получены в 36,9% [95% ДИ: 28-46] случаев (в 45 из 122), хорошие — в 34,5% [95% ДИ: 26-43] случаев (в 42 из 122).

Заключение. Анализ функциональных результатов пластики сухожилия глубокого сгибателя пальцев и длинного сгибателя I пальца, выполненной как повторное вмешательство, показал, что у пациентов, ранее перенесших неуспешные попытки восстановления сухожилий сгибателей во 2-й зоне, достижение отличных результатов с полной функцией пальцев возможно. Но в целом показатели восстановления движений оказались значительно ниже, чем в неосложненных случаях, даже при большой давности повреждения. Самые низкие функциональные результаты повторных операций оказались у пациентов, прежде неуспешно оперированных в неспециализированных лечебных учреждениях.

Ключевые слова: разрыв шва сухожилия, отрыв трансплантата сухожилия глубокого сгибателя пальцев.

 **Для цитирования:** Мигулева И.Ю., Файн А.М. Пластика сухожилия глубокого сгибателя как повторное вмешательство после неуспешного лечения повреждений в области пальцев кисти. *Травматология и ортопедия России*. 2024;30(1):5-13. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-12236>.

 Мигулева Ирина Юрьевна; e-mail: MigulevaIY1@zdrav.mos.ru

Рукопись получена: 28.05.2023. Рукопись одобрена: 02.11.2023. Статья опубликована онлайн: 24.01.2024.

© Мигулева И.Ю., Файн А.М., 2024

BACKGROUND

Development of modern techniques with the use of strong 2-strand looped core tendons sutures, appearance of new-generation braided suture materials, and improvement of early active mobilization protocols should all contribute to better treatment outcomes in patients with finger flexor tendon injuries. However, these results remain unstable, and the number of unsatisfactory ones does not tend to decrease from year to year [1, 2, 3], while the incidence of reoperations is 11.4-19.1% [4, 5, 6, 7]. The problem is not only that the flexor tendon surgeries are technically complicated and the result is unpredictable. There is also the high incidence of tendon injuries in the area of the fibrous synovial canals. A large number of patients face such problems and have to be operated on by hand surgeons, trauma surgeons or even general surgeons in the absence of widespread practical implementation of modern surgical and rehabilitation protocols in the regions. Thus, there are many factors hindering patients and physicians from achieving the desired treatment results and contributing to complications. Despite the plethora of articles on various issues of surgical treatment and rehabilitation of patients with finger flexor tendon injuries, there are few publications that focus on any aspects of performing reoperations required in cases of complications or failures [8, 9, 10, 11]. The results of two-stage grafting performed as a reoperative procedure in patients with burdened history are not reported separately [12, 13].

Aim of the study is to evaluate the results of deep flexor and flexor pollicis longus tendon grafting in patients who had previously undergone unsuccessful flexor tendon surgery within fibrous synovial sheaths of the fingers.

METHODS

Study design

Type of the study – retrospective cohort.

We analyzed the functional results of grafting of the deep finger flexor tendon and flexor pollicis longus tendon (FDP and FPL) of 122 fingers in 109 patients.

Inclusion criteria:

– FDP and FPL grafting was performed as a reoperative procedure, i.e. each patient had

at least one unsuccessful surgical intervention for this injury of flexor tendons within fibrous synovial sheaths of the fingers and the thumb;

– reoperative grafting procedure was performed by the author of the study;

– long-term functional outcome at least 6 months after surgery is known.

All patients were allocated into two groups.

Group 1 included 70 patients who underwent the first unsuccessful surgery in a specialized hand trauma department (including our clinic). Six of them were diagnosed with the flexor tendon injury within the fibrous sheaths in two fingers. Thus, group 1 included 76 cases, an isolated injury of FDP was found in 7 cases. In the rest of cases an injury of both tendons in zone II was diagnosed.

Group 2 consisted of 39 patients initially operated on in other medical units not specialized in hand surgery. Four patients had flexor tendon damage laceration within the fibrous synovial sheaths in two fingers and one patient in four fingers. Thus, group 2 included 46 cases, an isolated injury of FDP was found in 5 patients, and the rest had injury of both tendons in zone II.

Distribution of patients by gender, age, and incidence of I-V finger injuries in both groups did not differ significantly (Table 1).

The surgical history of patients in the two groups was slightly different. There was a history of one unsuccessful operation in 75 out of 76 cases in group 1, and only one patient was unsuccessfully operated on twice. In group 2, there was one unsuccessful intervention in 37 out of 46 cases, two interventions in 6 cases, three interventions in 2 cases, and one patient had four unsuccessful operations before being examined by a hand surgeon. It should be noted that the second and all the subsequent unsuccessful surgical procedures in both groups were performed 3-12 weeks apart in most cases.

We used two groups of patients as controls. The control group, which we provisionally designated as “uncomplicated cases”, consisted of 345 patients with known functional results of the two-stage grafting of the deep finger flexor tendon and flexor pollicis longus tendon in 432 fingers performed by us without any previous interventions on flexor tendons injured in zone II. The control group, which we provisionally designated as “old injuries”, consisted of 40

patients with flexor tendon injuries of 49 fingers. In these patients, the age of injury at the time of their visit to the clinic was on average about 10 years (from 5 to 30 years), but no attempts to repair tendons had been made during this time, and the two-stage grafting of FDP performed by us was the first intervention. Characteristics of patients in the control groups are also presented in Table 1.

Assessment of result

We used the data on the long-term functional outcomes of FDP and FPL grafting, performed in all cases as a reoperative procedure. Results had been evaluated at the follow-up examination of patients according to the scheme accepted in the clinic and based on the five-point system of V.I. Rozov: excellent, good, fair, contracture and graft failure [14]. An excellent result was defined as complete restoration of active finger flexion with full or

almost full extension (deficit of no more than 5°); good — complete restoration of active flexion with slight limitation of extension; fair — limited finger flexion with both full and limited extension. Results were analyzed according to two factors: the nature of the first unsuccessful tendon operation (suture or grafting) and the type of the unit where it was performed (specialized or non-specialized).

In the control groups "uncomplicated cases" and "old injuries" the results of tendon grafting have been evaluated according to the same scheme. They are presented in Table 2.

Statistical analysis

Data are presented in absolute values and percentages, 95% confidence interval (CI) was calculated using the Klopfer-Pearson method. Pearson's chi-square test was used to assess the statistical significance of differences.

Table 1

Characteristics of study groups

Parameter		Group 1	Group 2	"Uncomplicated cases" group	"Old injuries" group
Number of patients/fingers		70/76	39/46	345/432	40/49
Gender	f	13	10	76	17
	m	57	29	269	32
Age, y.o.	range	18-64	19-67	15-76	18-72
	mean	35.5	38.3	36.3	39.5
Injured finger	thumb	3	2	9	–
	index	27	11	60	10
	middle	26	7	86	10
	ring	5	13	134	14
	little	15	13	143	15

Table 2

Results of flexor tendon grafting in control groups

Group	Result				
	Excellent	Good	Fair	Contracture	Graft failure
Uncomplicated cases	264 (61.1% [95% CI: 56-66])	97 (22.4% [95% CI: 19-27])	32 (7.4% [95% CI: 5-10])	8 (1.9% [95% CI: 0-3])	31 (7.2% [95% CI: 5-10])
Old injuries	23 (46.9% [95% CI: 33-62])	19 (38.8% [95% CI: 25-54])	4 (8.2% [95% CI: 2-20])	2 (4.1% [95% CI: 0-14])	1 (2.0% [95% CI: 0-11])

RESULTS

The indications for reconstructive-restorative reoperative procedures in our clinic, i.e., the most frequent complications of the first surgery for flexor tendon injuries that had resulted in failure, were tendon graft avulsion rupture – 63 (51.6%) cases, tendon suture rupture – 44 (36.1%), and flexor flexion contractures of the fingers, including those with scar tissue deformity of the skin and pulley failure – 15 (12.3%) cases.

The first identified difference between the two groups of patients relates to the method of FDP and FPL grafting. In group 1, the condition of the fibrous synovial sheath of the finger at the time of reoperation allowed to perform a one-stage grafting in 44 of 76 cases (57.9 [95% CI: 46-69]%). In the remaining 32 cases (42.1 [95% CI: 31-54]%), a two-stage grafting was carried out as the condition of the fibrous synovial sheath required tendon replacement with a silicone prosthesis insertion at the first stage of reconstruction. Additional intervention as a separate stage was performed only in one case, which was the reconstruction of the A2 pulley with an autograft from the extensor digitorum longus tendon of the toes.

In group 2, the condition of the fibrous synovial sheath was suitable for performing one-stage grafting in only 9 out of 46 cases (19.6% [95% CI: 9-34]), while two-stage FDP and FPL grafting was necessary in the remaining 37 cases (80.4% [95% CI: 66-91]). These data indicate significant differences in the status of the fibrous synovial sheath of the fingers between patients

in groups 1 and 2 ($\chi^2 = 17.135$; d.f. 1, $p < 0.0001$). In addition, in the group 2, 17 cases required additional separate interventions: Z-plasty in 9 cases, correction of the swan neck deformity in 3 cases, grafting of soft tissue scar defect with a cross-finger flap in one case, and application of distraction apparatus to eliminate arthrogenic flexion contracture of the finger in 4 cases.

When comparing the results of our grafting reconstructive procedures in those cases where the first unsuccessful operation was tendon suture (51 cases from both groups) and those 71 cases from both groups where the first unsuccessful operation was FDP and FPL grafting, we found out that reoperations after unsuccessful tendon suture and after unsuccessful grafting yielded excellent results in 13 cases out of 51 (25.5% [95% CI: 14-40]) and 32 cases out of 71 (45.1% [95% CI: 33-57]), respectively. This difference is statistically significant ($\chi^2 = 4.888$; d. f. 1, $p = 0.027$). Good results were obtained in 19 cases of 51 (37.3% [95% CI: 24-52]) and 23 cases of 71 (32.4% [95% CI: 22-45]), and fair results were obtained in 13 cases of 51 (25.5% [95% CI: 14-40]) and 14 cases of 71 (19.7% [95% CI: 11-31]), respectively. The incidence of contractures after FDP and FPL grafting in patients with a history of unsuccessful tendon suture was 3.9% [95% CI: 0-13] (2 cases out of 51), while there were no contractures after FDP and FPL grafting in patients with a history of failed grafting. The incidence of graft failure was 7.8% [95% CI: 2-19] (4 cases out of 51) and 2.8% [95% CI: 0-10] (2 cases out of 71), respectively (Fig. 1).

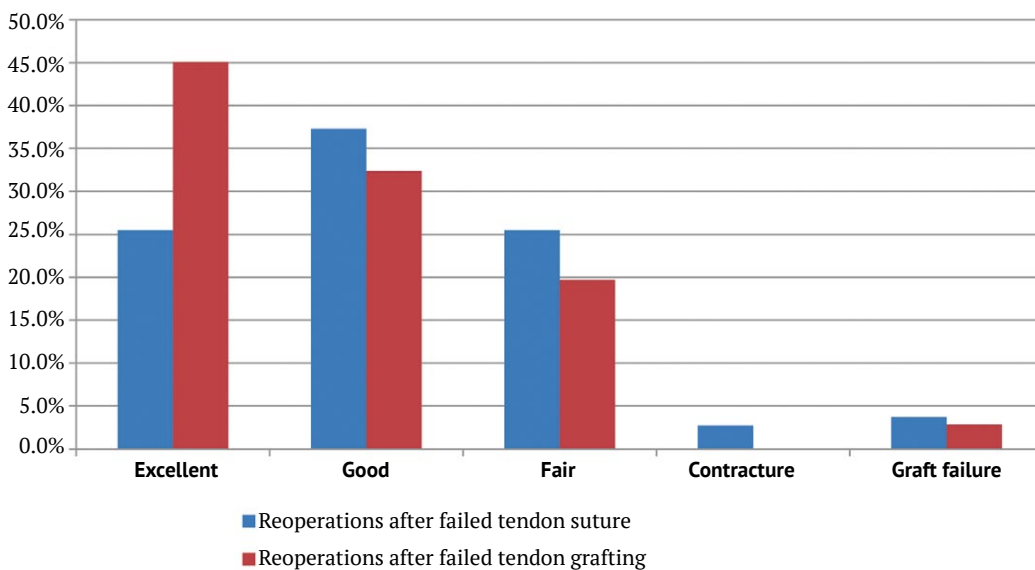


Fig. 1. Flexor tendon reoperation results depending on the type of the first unsuccessful procedure

We analyzed the results of FDP and FPL grafting according to the type of medical unit of the first unsuccessful surgery. It was determined that 48.7% [95% CI: 37-60] of patients with previous unsuccessful operations in specialized hand surgery units had excellent results (37 cases of 76), 34.2% [95% CI: 24-46] had good results (26 cases of 76), 14.5% [95% CI: 7-24] had fair results (11 cases of 76) and 2.6% [95% CI: 0-9] of patients experienced graft failure (2 cases of 76). There were no contractures. Patients treated in non-specialized hospitals had excellent results in 17.4% [95% CI: 8-31] of cases (8 cases out of 46); this parameter statistically significantly differed from group 1: $\chi^2 = 12.054$; d.f. 1, $p = 0,001$. Good results in this group were obtained in 16 cases out of 46 (34.8% [95% CI: 21-50]), fair results were also obtained in 16 cases out of 46 (34.8%

[95% CI: 21-50]). The difference from group 1 was also statistically significant: $\chi^2 = 6.858$; d.f. 1, $p = 0,009$. The incidence of graft failure was 8.7% [95% CI: 2-21] (4 cases out of 46) and the incidence of finger flexion contractures was 4.3% [95% CI: 0-15] (2 cases out of 46) (Fig. 2).

In total, excellent results of FDP and FPL grafting, performed as a reoperative procedure in patients with burdened surgical history, were obtained in 45 of 122 cases (36.9% [95% CI: 28-46]), good results in 42 of 122 cases (34.5% [95% CI: 26-43]), and fair results in 27 of 122 cases (22.1% [95% CI: 15-30]). The incidence of contractures was 1.6% [95% CI: 0-6] (2 cases of 122), and the incidence of graft failure was 4.9% [95% CI: 2-10] (6 cases of 122). The ratio of excellent to good results of reoperations in total was 1.07. In group 1, the ratio of excellent to good results was 1.4, in group 2 this ratio was 0.5.

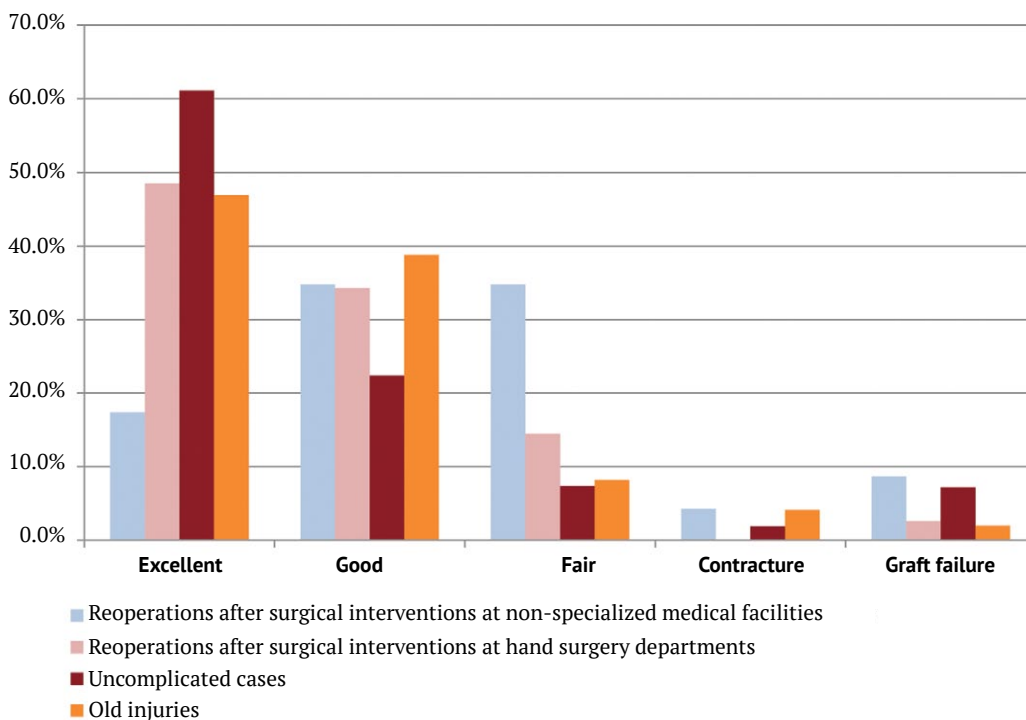


Fig. 2. FDP and FPL tendon grafting results in compared groups

DISCUSSION

Finger flexor tendon injuries are very common, so primary reconstructive surgeries are performed not only by hand surgeons, but also by trauma surgeons or even general surgeons. It is obvious that the statistics of complications and failures that are given in the publications of expert class hand surgeons in highly specialized journals

and the number of unsatisfactory treatment outcomes in real life are different, but few specialists pay attention to it [4]. Perhaps this may be partly the reason why the tactics of further treatment of patients with complications are not discussed in the literature, with few exceptions [11, 12, 15]. What interventions can and should be performed and in what time

frame, what results should be expected, what can and cannot be corrected — these questions are not only remain unanswered, they are not even posed. The situation with immediate repeated repair of finger flexor tendons after rupture of the primary suture within the fibrous synovial sheaths is somewhat better covered in the literature. Based on the evaluation of the results obtained (21% excellent, 24% good, 12% fair, 31% poor, and 12% repeated failures), M.B. Dowd et al. recommend abandoning completely the immediate attempts to re-suture the flexor tendons of the little finger, and in case of the injury to other fingers, not esteeming this tactic as the method of choice and firstly considering all possible alternatives in each specific case [16]. Due to increasing risk of scar adhesions at reoperative procedures on flexor tendons within the fibrous synovial sheaths, A. Poggetty et al. as an alternative to "biological reconstruction" (two-stage tenoplasty with temporary prosthesis) even suggest that such patients should be provided with an active reinforced silicone tendon prosthesis as a permanent one, i.e. without its subsequent replacement with a tendon autograft. However, the reported long-term outcomes (out of 19 outcomes, 9 poor, 2 excellent, 3 good, and 5 fair) do not yet demonstrate significant benefits of this technology [11].

Specialists advise to be always prepared for unpleasant surprises when performing reoperations on flexor tendons [12]. Our study shows that previous unsuccessful interventions have a negative impact on the condition of the entire gliding apparatus of the finger. For this reason, tenoplastic surgeries in such patients require a patient-specific surgical treatment plan with adjustments to the usual tactics, as well as the use of non-standard techniques that consider the irreversible anatomical disorders of connective tissue structures of the fingers and enable their correction or compensation, if possible. Not only soft tissue scars and damage to the structures of the fibrous synovial sheath, but also changes in the capsular-ligamentous apparatus of the joints and imbalance of the extensor apparatus of the finger create new and extremely unfavorable conditions for the regeneration and functioning of the graft.

To better understand the possibilities of reconstructive reoperations on flexor tendons

and to critically evaluate our findings, we compared them with our own existing data on two-stage FDP and FPL grafting in 432 uncomplicated cases and 49 cases of old tendon injuries with no history of attempted reconstructive surgeries (see Fig. 2). Excellent to good results ratio in the group of uncomplicated injuries is 2.7 and significantly exceeds the corresponding value for reoperations. Even in the group of old injuries, the ratio of excellent to good results is 1.21, i.e. greater than one, and thus fundamentally differs from the ratio in the group of patients with a history of unsuccessful tendon surgeries in non-specialized units. Thus, the results of our study show that unsuccessfully surgically treated flexor tendon injuries are not just old cases and the prognosis of subsequent grafting procedures is worse for them.

Analyzing treatment results of patients, we came to the conclusion that it is always desirable, and in most cases, it is simply necessary to postpone reoperation until maturation and softening of soft tissue scars, subsidence of swelling and full restoration of passive flexion in all finger joints. Otherwise, as a result of frequent surgical interventions in a short period of time, the regeneration processes are irreversibly disrupted with the formation of flexion contracture of the finger. Patient follow-up during preoperative preparation, repeated examinations, in addition to their main task, which is to train motions of the fingers' joints, give the surgeon the opportunity to solve another very important problem — to understand how motivated the patient is, whether they are ready for a complex and long postoperative rehabilitation and, most importantly, how adequate their demands are. Results of our study show that, on the one hand, the possibilities of tendon reoperations in terms of obtaining a perfect result are limited, but, on the other hand, restoration of full function of the fingers is achievable. With this in mind, indications for reoperation in complicated cases should be determined strictly and on the case-by-case basis. All patients with surgical failures require particularly attentive and sensitive attitude. We have developed the following rules of interaction with the patients based on our own experience. If we consider the second re-operation to be indicated, i.e. we are sure of its success, we explain to the patient in a clear and friendly manner

all the facts of the matter (number, timing and details of the expected surgical steps, possible risks, anesthesia options, length of hospital stay, wearing of bandages and rehabilitation period, expected result in comparison with a healthy finger, etc.) and let the patient make the final decision on whether to undergo the operation or not. When a surgeon does not see real possibilities to surgically improve the function and appearance of the finger, especially in patients with inadequate expectations who are convinced that everything can be redone and restored to its former state and it is only a matter of the surgeon's competence and desire, then the surgeon should be able to firmly say "no".

Results of this study suggest that staged surgery with separate planning for elimination of tenodesmogenous contracture of the finger prior to provisional silicone deep flexor tendon prosthesis placement is a reliable tactic for repeated reconstructions that increases their effectiveness, consistently yields predictable results, and reduces the risk of complications. We believe that it was the allocation of contracture elimination into a separate stage and insertion of silicone tendon prosthesis only after restoration of good passive motions in the interphalangeal joints of the finger that allowed us to obtain better results than H. Sakellarides [15], who combined finger contracture release and FDP prosthesis placement in one surgical stage. He obtained 14% excellent and 33% good results in a group of 40 patients. The author considered an active flexion deficit of 1 cm or less to be an excellent result, and no more than 1.5 cm deficit to be a good result, whereas we treated any active flexion deficit as a fair result.

Facts established when analyzing the long-term results make us suggest some, in our opinion, reasonable measures to prevent the increase in the number of reoperations. In finger flexor tendon injuries, primary reconstructive surgery should be performed only by a specialist experienced enough in hand surgery who knows modern techniques, regularly performs surgeries, observes and controls the rehabilitation of his patients, follows his long-term results and analyzes them, and constantly accumulates clinical experience. This is the point

of view held by well-known modern specialists in the field of primary repair of finger flexor tendons [17]. A surgeon with little experience in treating patients with flexor tendon injuries should know that refusal of a primary flexor tendon suture within fingers in favor of planned treatment does no harm to the patient, while a hastily and incompetently performed surgery and the subsequent complications can cause irreparable harm to the patient. In case of failure of the initial procedure (suture rupture, contracture, etc.), reconstructive reoperation on the intrasynovial section part of the deep flexor tendon and flexor pollicis longus tendon should be performed only by a hand surgeon in a specialized hand surgery center (department), and not by a trauma or general surgeon.

We would like to emphasize that the surgery of finger flexor tendon injuries within the fibrous synovial sheaths is an area where no one is safe from failure, even expert specialists. But many years of our experience show that it is possible to correct the situation and eventually obtain more or less full range of motion only in cases where no serious technical errors had been made during the first operation. Otherwise, all subsequent reconstructions become palliative. Successful reoperative grafting procedure of the deep flexor tendon is considered to be one of the most exquisite and satisfying operations in all hand surgery.

CONCLUSIONS

Analysis of the functional results of deep finger flexor tendon and flexor pollicis longus tendon grafting performed as a reoperative procedure showed that it was possible to achieve excellent results with full finger function in patients who had previously undergone unsuccessful attempts of flexor tendon reconstruction surgery within the fibrous synovial sheaths. However, in general, the rates of motion restoration were significantly lower than in "uncompromised" cases, even in cases of old injury. The worst functional results of reoperations were found in patients who had previously been operated on unsuccessfully in non-specialized medical units.

DISCLAIMERS

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. The authors obtained written consent from patients to participate in the study and publish the results.

REFERENCES

- Dy C.J., Daluiski A., Do H.T., Hernandez-Soria A., Marx R., Lyman S. The epidemiology of reoperation after flexor tendon repair. *J Hand Surg Am.* 2012;37(5):919-924. doi: 10.1016/j.jhsa.2012.02.003.
- Svingen J., Wiig M., Turesson Ch., Farnebo S., Arner M. Risk factors for reoperation after flexor tendon repair: a registry study. *J Hand Surgery Eur Vol.* 2022; 47(10):1071-1076. doi: 10.1177/17531934221101563.
- Wu K.Y., Gillis J.A., Moran S.L. Secondary Procedures following Flexor Tendon Reconstruction. *Plast Reconstr Surg.* 2022; 149(1):108e-120e. doi: 10.1097/PRS.00000000000008692.
- Lalchandani G.R., Halvorson R.T., Zhang A.L., Lattanza L.L., Immerman I. Patient outcomes and costs after isolated flexor tendon repairs of the hand. *J Hand Ther.* 2022;35(4):590-596. doi: 10.1016/j.jht.2021.04.015.
- Shaw A.V., Holmes D.G., Rodrigues J.N., Lane J.C., Gardiner M.D., Wormald J.C. Outcome measurement in adult flexor tendon injury: A systematic review. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2022;75(4):1455-1466. doi: 10.1016/j.bjps.2021.08.035.
- Bruin L.L., Lans J., Wang F., Eberlin K.R., Chen N.C. Reoperation Following Zone II Flexor Tendon Repair. *Hand (N Y).* 2023;18(6):960-969. doi: 10.1177/15589447211043220.
- Çalışkan Uçkun A., Yurdakul F.G., Ergani H.M., Güler T., Yaşar B., Başkan B. et al. Factors predicting reoperation after hand flexor tendon repair. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2020;26(1):115-122. doi: 10.14744/tjtes.2019.92590.
- Giuffrida A.Y., Wolfe S. Options for Failed Flexor Tendon Surgery. In: Duncan S.F.M., ed. *Reoperative Hand Surgery.* New York, NY: Springer Science+Business Media; 2012. p. 17-42.
- Elliot D., Giesen T. Treatment of unfavorable results of flexor tendon surgery: Ruptured repairs, tethered repairs and pulley incompetence. *Indian J Plast Surg.* 2013;46(3):458-471. doi: 10.4103/0970-0358.121931.
- Elliot D., Giesen T. Treatment of unfavorable results of flexor tendon surgery: Skin deficiencies. *Indian J Plast Surg.* 2013;46(2):325-332. doi: 10.4103/0970-0358.118611.
- Poggetti A., Novi M., Rosati M., Ciclamini D., Scaglione M., Battiston B. Treatment of flexor tendon reconstruction failures: multicentric experience with Brunelli active tendon implant. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2018;28(5):877-883. doi: 10.1007/s00590-017-2102-x.
- Langer M.F., Wieskötter B., Oeckenpöhler S., Unglaub F., Spies C., Grünert J.G. Secondary reconstruction of flexor tendons. *Unfallchirurg.* 2020;123(2):114-125. (In German). doi: 10.1007/s00113-019-00747-9.
- Honner R., Meares A. A review of 100 flexor-tendon reconstructions with prosthesis. *Hand.* 1977;9:226-231. doi: 10.1016/s0072-968x(77)80106-x.
- Rozov V.I. *Injuries to the tendons of the hand and fingers and their treatment.* Leningrad: Medgiz; 1952. p. 41-42 (In Russian).
- Sakellarides H. The treatment of scarring and flexion contracture after operations for injuries to the flexor tendons of the fingers by implantation of a silicone rod and tendon grafting. *Int Orthop.* 1981;5(3):225-228. doi: 10.1007/BF00266687.
- Dowd M.B., Figus A., Harris S.B., Southgate C.M., Foster A.J., Elliot D. The results of immediate re-repair of zone 1 and 2 primary flexor tendon repairs which rupture. *J Hand Surgery Eur Vol.* 2006;31(5):507-513. doi: 10.1016/j.jhsb.2006.06.006.
- Elliot D., Giesen T. Avoidance of unfavourable results following primary flexor tendon surgery. *Indian J Plast Surg.* 2013;46(2):312-324. doi: 10.4103/0970-0358.118610.

Authors' information

✉ Irina Yu. Miguleva — Dr. Sci. (Med.)

Address: 3, Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow, 129090, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-6894-1427>

e-mail: MigulevaIY1@zdrav.mos.ru

Alexey M. Fain — Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0001-8616-920X>

e-mail: fainam@sklif.mos.ru

Mucous Cysts of Fingers: Diagnostics and Treatment Mistakes

Irina G. Chulovskaya, Karen A. Egiazaryan, Vladimir S. Kosmynin,
Dmitriy S. Zharov, Aleksey A. Titov

Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Abstract

Background. Mucous cysts of hand represent tumor-like masses. This pathology is associated with a large number of diagnostic and treatment mistakes with inappropriate procedures and incomplete surgical interventions, which result in recurrences and complications.

Aim of the study – to analyze diagnostics and treatment mistakes in patients with mucous cysts of fingers in order to improve the quality of medical care for patients with this pathology.

Methods. The study enrolled 62 patients. Diagnostics included medical history analysis, clinical and X-ray examination, and ultrasonography. According to the patients' history, they were divided into two groups: group 1 consisted of patients who had come to the clinic for the first time, group 2 – of patients who had referred to the clinic with recurrences of mucous cysts. All patients underwent surgical interventions with osteophyte excision of the phalanx and skin defect grafting after cyst excision. Treatment results were evaluated 2, 6, 12 months after the operation using X-ray data, VAS, QuickDASH questionnaire, and measurements of the range of motion in the distal interphalangeal joint.

Results. Initial referrals of group 2 patients (with disease recurrence) were analyzed in terms of the profile of specialists and the type of care provided. It was found that patients with recurrence had undergone procedures (cyst puncture, cauterization, removal of thin skin over the cyst) or surgeries without osteophyte excision of the phalanx and skin defect grafting after cyst excision. The use of a diagnostic algorithm at the referral stage made it possible to confirm the diagnosis and detect an osteophyte of the affected phalanx in all patients.

Conclusion. At the diagnostic stage, X-ray and ultrasonography are conclusive methods of examination. The only correct method of mucous cysts treatment is radical surgery including skin defect grafting with local tissues after cyst excision and osteophyte removal.

Keywords: mucous cyst, tumor-like diseases, osteophyte, muroid remodeling, osteoarthritis, distal interphalangeal joint, X-ray, ultrasonography.

Cite as: Chulovskaya I.G., Egiazaryan K.A., Kosmynin V.S., Zharov D.S., Titov A.A. Mucous Cysts of Fingers: Diagnostics and Treatment Mistakes. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2024;30(1):14-24. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17433>.

✉ Irina G. Chulovskaya; e-mail: igch0906@mail.ru

Submitted: 27.12.2023. Accepted: 20.02.2024. Published Online: 18.03.2024.

© Chulovskaya I.G., Egiazaryan K.A., Kosmynin V.S., Zharov D.S., Titov A.A., 2024



Мукозные кисты пальцев кисти: ошибки диагностики и лечения

И.Г. Чуловская, К.А. Егиазарян, В.С. Космынин, Д.С. Жаров, А.А. Титов

ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова»
Минздрава России, г. Москва, Россия

Реферат

Актуальность. Мукозные кисты кисти представляют собой опухолеподобные образования. Эта патология отличается большим количеством ошибок диагностики и лечения с выполнением неадекватных манипуляций и неполноценных оперативных вмешательств, следствием которых являются рецидивы и осложнения.

Цель работы — анализ ошибок диагностики и лечения пациентов с мукозными кистами пальцев кисти для улучшения качества оказания медицинской помощи пациентам с рассматриваемой патологией.

Материал и методы. В исследование включено 62 пациента. Диагностика включала клинико-анамнестическое обследование, рентгенографию и ультрасонографию. По данным анамнеза пациенты были разделены на две группы: 1-ю группу составили больные, обратившиеся в клинику первично; 2-ю — обратившиеся с рецидивами мукозных кист. Всем пациентам выполнены оперативные вмешательства, включающие иссечение остеофита фаланги и пластику дефекта кожи после иссечения кисты. Оценку результатов лечения выполняли через 2, 6, 12 мес. после хирургического лечения по данным рентгенографии, по ВАШ, опроснику QuickDash, объему движений в дистальном межфаланговом суставе.

Результаты. Проведен анализ первичного обращения пациентов 2-й группы (с рецидивами заболевания) по профилю специалистов и виду оказанной помощи. Установлено, что пациентам с рецидивами были выполнены манипуляции (пункция кисты, прижигание, снятие истонченной кожи над кистой) или операции без иссечения остеофита фаланги и пластики дефекта кожи после иссечения кисты. Использование диагностического алгоритма на этапе обращения позволило у всех пациентов подтвердить диагноз и выявить наличие остеофита заинтересованной фаланги пальца.

Заключение. На этапе диагностики информативными методами исследования являются рентгенография и ультрасонография. Единственно правильным методом лечения мукозных кист является радикальная операция, включающая пластику дефекта кожи местными тканями после иссечения кисты и удаление остеофита.

Ключевые слова: мукозная киста, опухолеподобные заболевания, остеофит, мукоидная перестройка, остеоартроз, дистальный межфаланговый сустав, рентгенография, ультрасонография.

Для цитирования: Чуловская И.Г., Егиазарян К.А., Космынин В.С., Жаров Д.С., Титов А.А. Мукозные кисты пальцев кисти: ошибки диагностики и лечения. *Травматология и ортопедия России*. 2024;30(1):14-24. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17433>.

Чуловская Ирина Германовна; e-mail: igch0906@mail.ru

Рукопись получена: 27.12.2023. Рукопись одобрена: 20.02.2024. Статья опубликована онлайн: 18.03.2024.

© Чуловская И.Г., Егиазарян К.А., Космынин В.С., Жаров Д.С., Титов А.А., 2024

BACKGROUND

According to the literature, mucous cysts (MC) of the fingers account for 2-12% of benign soft tissue tumors and tumor-like masses of the hand and affect predominantly women over 50 years old [1, 2].

In terms of pathologic anatomy, MCs are masses with a pathologic cavity consisting of a wall and contents [3, 4, 5]. Their typical localization is the dorsal finger surface in the area of the distal interphalangeal joint or the distal phalanx in the periungual (sometimes subungual) area. MCs located in the periungual area are characterized by compression of nail plate [6, 7]. Less frequently, these tumor-like formations are located in the area of the proximal interphalangeal joint [6].

MCs occur against the background of degenerative and dystrophic processes in the interphalangeal joints of the fingers associated with formation of osteophytes and subsequent mucoid transformation of periarticular connective tissue [8, 9]. This allows us to consider MCs as a result of the development of osteoarthritis or as its complication [1, 2, 6, 10].

The feature of MCs is their indispensable connection with the joint cavity (distal or proximal interphalangeal) of the fingers via the cyst pedicle located in the area of osteophyte formation [9]. According to the most common theory, MCs are considered as a type of synovial cysts of the hand (synonym: hygromas, ganglia) [3, 5, 11, 12, 13, 14]. This opinion is based on the fact that synovial cysts also occur as a result of degenerative and dystrophic changes in the periarticular connective tissue. Moreover, synovial cysts connected with the joint cavity, similarly to MC, contact it via the cyst pedicle.

The problems of MC diagnostics and treatment are scarcely reported in the literature. The diagnostic algorithm is limited to clinical and X-ray examination, and only certain authors supplement it with ultrasonography [6].

Various methods of MC treatment are proposed in the literature: cyst puncture, sclerotherapy, corticosteroid injections, cryotherapy. However, according to the majority of authors, the most effective method of MC treatment is a surgery. Moreover, radical surgery involves not only cyst excision, but also compulsory removal of the

osteophyte on which its pedicle is located, with subsequent defect closure after cyst excision using skin grafting with local tissues [1, 6, 15].

In practice, diagnostics and treatment of patients with MC, as well as patients with tumors and tumor-like formations of the hand in general, are associated with a large number of mistakes, inappropriate procedures, and incomplete surgical interventions, which result in recurrences and complications [14, 16].

Aim of the study is to analyze diagnostics and treatment mistakes in patients with mucous cysts of the fingers in order to improve the quality of medical care for patients with this pathology.

METHODS

The study is based on the results of examination and treatment of 62 patients with MC from 2010 to 2022 treated in the traumatology department of City Clinical Hospital No. 4 and in the orthopedic department of the university clinic "Russian Gerontological Research and Clinical Center". All patients were allocated into two groups according to the medical history: group 1 included 30 (48.4%) patients who primarily applied to the clinic; group 2 included 32 (51.6%) patients with MC recurrences who had received treatment prior to referral to the clinic. The age of the patients in both groups ranged from 38 to 85 years, among them were 50 women (80.6%).

The diagnostic algorithm included medical history analysis, clinical examination and additional diagnostic methods: X-ray and ultrasonography. The final diagnosis was made on the basis of intraoperative diagnostics and postoperative histologic examination. Taking the history, the data on previous visits to medical facilities, the methods of examination and treatment used in this case were determined. X-ray made it possible to examine the involved bone and joint structures, ultrasonography allowed to study MC contours, shape and size, as well as its position relative to the skin, bones and joints.

Pain syndrome was assessed by the VAS, functional outcome of treatment was assessed by the QuickDASH questionnaire, range of motion in the distal interphalangeal joints (IPJ) or interphalangeal joint (thumb). The unit of the study was a patient.

Statistical analysis

Data are presented as median and interquartile range: Me [Q1; Q3]. Qualitative parameters are presented as absolute values (n) and/or frequencies (%). The Mann-Whitney U test was used to establish statistically significant differences between two independent groups for all quantitative variables. The Wilcoxon test was applied to identify statistically significant differences between the dependent groups for all quantitative variables. The 95% confidence interval (CI) for relative frequencies was calculated using the Clopper-Pearson method.

Data were analyzed using Statistica 10.0 (StatSoft inc., USA) software. The level of statistical significance was considered to be $p < 0.05$.

RESULTS

Patients' complaints included pain at rest and during movements, limited range of motion in the affected finger joints, and the presence of

a "bubble" on the dorsal surface of the finger. Duration of the disease ranged from 2 months to 5 years (mean 9 months).

The majority of the patients (32 (51.6%)) presented with recurrences of MC; they had previously received treatment before coming to the clinic. These patients made up group 2. To find out the causes of recurrences in group 2, we analyzed the primary treatment of the patients according to the specialty of the physician and the type of treatment performed. The period from the initial treatment to the clinic ranged between 1 and 8 months. Based on the medical history data and analysis of medical documents (discharge letter and consultation reports), it was found that 12 (34.38%) patients first had referred to general surgeons and 10 (28.13%) to dermatologists. Only 3 (9.38%) patients had consulted the relevant specialists (hand surgeons) (Table 1). All patients of group 2 had been misdiagnosed and treated with mistakes. The misdiagnoses and inaccurate treatment methods resulting in recurrences of the disease depended on the specialty of the physician.

Table 1

Distribution of patients according to the treatment methods at the primary referral to various medical specialists

Specialty	Treatment method	Number of primary referrals	
		n	%
General surgeon	Removal of thinned skin over the MC	1	3.13
	Puncture	6	18.75
	Cauterization	1	3.13
	Surgeries without osteophyte excision	4	12.5
	Total	12	37.5
Dermatologist	Removal of thinned skin over the cyst with subsequent drug therapy	5	15.63
	Removal of thinned skin over the MC	2	6.25
	Cauterization	3	9.38
	Total	10	31.25
Orthopedic trauma surgeon	Puncture	6	18.75
	Total	6	18.75
Hand surgeon	Puncture	3	9.38
	Total	3	9.38
Plastic surgeon	Surgeries without osteophyte excision	1	3.13
	Total	1	3.13
Total		32	100

As shown in Table 1, dermatologists treated patients with MC for dermatitis or fungal infection by prescribing appropriate systemic and topical medications and removing thin skin over the cyst. The diagnosis when referred to surgeons, including hand surgeons and orthopedic trauma surgeons, was hygroma, ganglion, or cutaneous cyst. Medical care in 15 (46.88%) patients consisted of cyst puncture, in 3 (9.38%) patients dermatologists and surgeons performed excision of thinned skin over the cyst preserving the soft tissue defect, in another 4 (12.5%) – cauterization of the skin lesion area with potassium permanganate solution. Surgical procedures were performed in 5 (15.63%) patients. However the operations comprised only excision of the cyst with an attempt to close the formed skin defect by suturing with subsequent tension of the wound edges. These surgeries resulted in persisting granulating wounds with subsequent recurrence of MC in 4 patients.

X-ray in two views was performed in 7 (21.86%) patients of group 2 at the first visit. Ultrasound was not administered to any patient.

Sixty patients (96.7%) in both groups had MCs located on the dorsal finger surface in the area of the distal interphalangeal joint or distal phalanx. In 41 (66.1%) of these patients MC was in the periungual or subungual area with nail plate deformation.

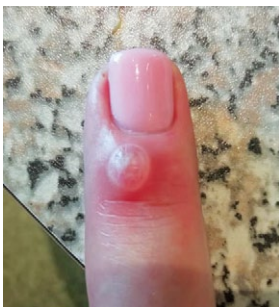
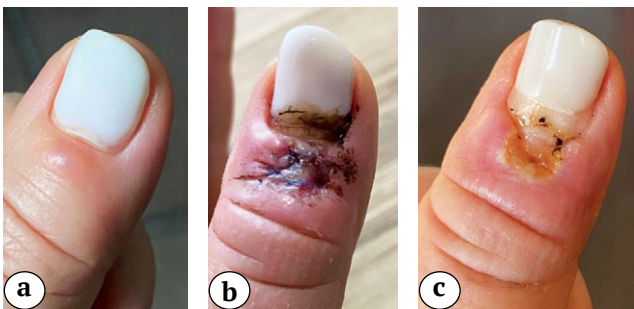


Fig. 1. Mucous cyst of the II finger in the area of the distal interphalangeal joint



In patients of both groups MC was most often localized on the II and III fingers: group 1: II finger – 15 (50,0%) patients, III finger – 10 (33.33%); group 2: II and III fingers – 12 (37,5%) patients each. Thumb and IV finger were much less frequently affected. In group 1: thumb – 3 (9.38%) patients, IV finger – 2 (6.66%); group 2: thumb – 6 (18.75%) patients, IV finger – 2 (6.25%).

In group 1, MCs were single oval- or round-shaped masses ranging in size from 0.3 to 10.0 mm in diameter, of soft-elastic consistency, covered with thinned skin, looking like a liquid-filled transparent bubble (Fig. 1).

In group 2, as a result of incorrect treatment prior to the admission to the clinic, 26 (81.25%) patients had dystrophic changes in the area of the cyst, in 14 (43.75%) cases there was a significant nail deformation (Fig. 2). A weeping wound with clear mucosal fluid discharge was found in 7 (21.875%) patients.

X-ray in two views (in three, if necessary) was performed in both groups of patients. Four (6.4%) patients underwent multiple view radiography to detect an osteophyte. As a result, all patients showed signs of osteoarthritis of the affected joint, and single (36 (58%)) or multiple (22 (35.4%)) osteophytes were detected (Figs. 3, 4). In addition, 48 (77.4%) patients had multiple osteoarthritis of the finger joints (interphalangeal and metacarpophalangeal), 32 (51.6%) had rhizarthrosis, and 46 (74.1%) had signs of wrist osteoarthritis.

The ultrasound technique followed the rules developed by us for the examination of mass lesions: scans were performed in two compulsory views (transverse and longitudinal, relative to the axis of the finger phalanx) and arbitrary (relative to the axis of the mass) [3].

Fig. 2. Mucous cyst of the thumb in the area of the distal interphalangeal joint. Recurrence after the surgery performed prior to the referral to the clinic: a – mucous cyst of the thumb in the area of the interphalangeal joint before treatment; b – 2 weeks after the surgery performed in the clinic c – skin defect after mucous cyst excision (a and b photos are self-taken); 6 months after the surgery in the clinic X

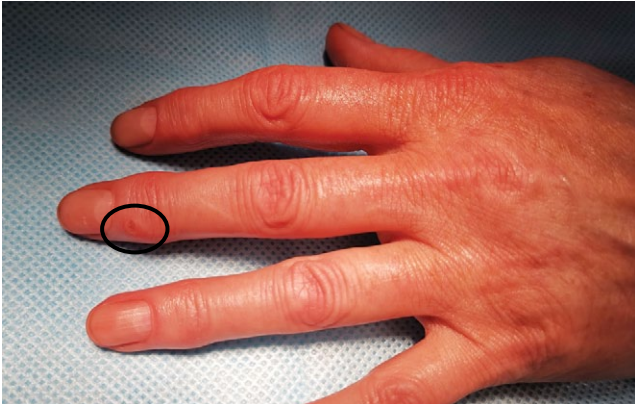


Fig. 3. Mucous cyst of the III finger, recurrence after the surgery performed prior to the referral to our clinic



Fig. 4. X-ray of the III finger in the AP (osteophyte of the nail phalanx is visible) and lateral views; recurrence after the surgery performed prior to the referral to our clinic

At ultrasonography, the MCs looked like an additional single-chamber mass of round or oval shape with clear even contours. The MC wall had the appearance of an echogenic line. In 14 (22.5%) patients with recurrences the MCs were two-chambered. The MC structure was visualized as homogeneous anechogenic (i.e. fluid), in 42 (67,7%) cases MC had echogenic inclusions after treatment attempts by crushing or puncture. Examination of the nail phalanx in all patients allowed to determine an uneven and indistinct line of periosteum with prominence in the form of osteophyte and deformation of the articular gap of the distal interphalangeal joint, proximal interphalangeal joint, interphalangeal joint of the thumb (signs of osteoarthritis). In all cases, the MC pedicle derived from the cavity of the

corresponding interphalangeal joint in the area of osteophyte location (Fig. 5).

All patients of both groups underwent surgical treatment: excision of the affected skin over the MC, cyst excision, including its pedicle, removal of the osteophyte of the corresponding phalanx, and skin defect grafting with local tissues (rotated skin flap). The operation was performed under regional anesthesia of the distal forearm. A tourniquet was applied in the upper third of the forearm. The surgery comprised two stages.

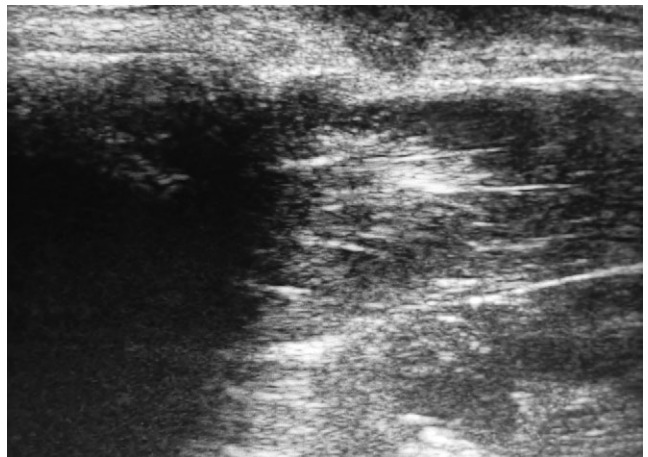


Fig. 5. Mucous cyst of the III finger, recurrence after the surgery. Ultrasonography: the circled area shows a cavity of a mucous cyst with a pedicle from the distal interphalangeal joint

The first stage was cyst and osteophyte excision (Fig. 6). An elliptical skin incision was made around the MC within normal tissues. Then the incision was extended proximally along the dorsolateral surface of the middle and main phalanges. The length of the incision was determined depending on the size of the defect left after skin excision around the cyst. In case of a large defect, the longitudinal incision in the proximal third of the main phalanx was extended transversely along its dorsal surface. The cyst was excised along with the thinned skin above it. Marginal nail plate resection was performed if the cyst penetrated under it (the resection area was limited to a small area above the cyst). In most cases, MCs invaded under the edge of the extensor tendon, so the edge of the tendon was lifted slightly to isolate them. MCs were separated up to the area of penetration into the joint cavity and excised with the edge zone of the joint capsule.

If there were signs of extensor tendon damage due to compression by the cyst (uneven edge, marginal defect), a marginal sparing excision of its damaged fibers was performed. It should be emphasized that cyst isolation was performed with utmost caution to prevent damage to its wall (MCs are closely adherent to the surrounding tissues, and their wall is very thin). At the end of the first stage, the osteophyte (or several osteophytes) was isolated and excised.

The second stage included skin grafting with local tissues (Fig. 7). For this purpose, the separated skin flap was rotated, moved distally to close the defect, and sutured. It was ensured that the size of the flap was sufficient to close the defect without tension. The operation was finished by washing the wound with antiseptic solutions and achieving hemostasis. An aseptic dressing with finger fixation on a soft roll was applied. Excised tissues were sent for histologic examination.

Histologic examination confirmed the diagnosis in 100% of cases.

Rehabilitation of patients with MC in the early postoperative period included elevated position of the hand, local cooling, change of dressings once every 2-3 days. Sutures were removed 14 days after the operation. Splinting (with a soft roll) was performed for 2-3 days; dosed physical therapy was started on the first days after the surgery. On the second day after the operation light movements were allowed in the interphalangeal joints of the affected finger – flexion up to 45°, gradually the angle of flexion was increased. Full range of motion was sought to be achieved in 5-7 days. The sutures been removed, salt baths, physical therapy, physiotherapeutic procedures (magnetotherapy, laser therapy, phonophoresis with anti-inflammatory drugs, excluding methods using intense heat effect) were prescribed.

Treatment results of patients of both groups were evaluated. X-ray control was performed on the first day after the surgery. The absence of the osteophyte on where the MC had been located

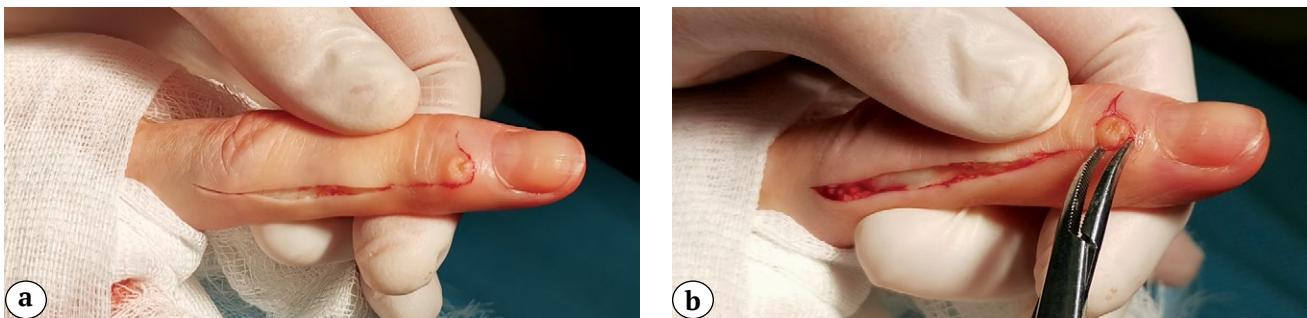


Fig. 6. The first stage of surgery – mucous cyst and osteophyte excision:
 a – elliptical skin incision around the cyst within healthy tissues extended proximally along the dorsolateral surface of the middle and main phalanges;
 b – mucous cyst excision along with the thin skin over it



Fig. 7. The second stage of surgery:
 a – the dissected skin flap is rotated and transferred distally;
 b – the defect is closed with the skin flap; the wound is sutured

before the operation was confirmed in all patients. Then they were examined in 2 months, 6 months and 1 year (Fig. 8). The function of the operated finger was determined by the angle of flexion and extension of the phalanges of the fingers.

The dynamics of pain syndrome intensity and functional restrictions are shown in Table 2.

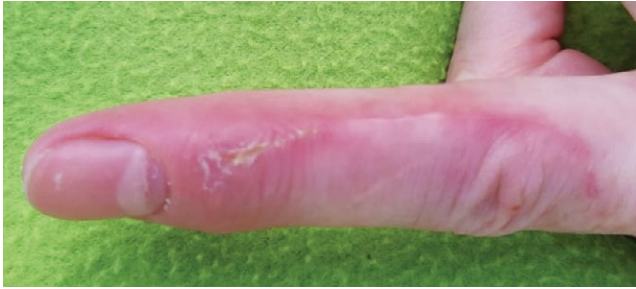


Fig. 8. Treatment result 2 months after surgery

The Wilcoxon test was used within the groups to evaluate statistically significant differences in the VAS, the QuickDASH, the range of motion preoperatively and postoperatively. In all periods of evaluation *p* was below 0.05, therefore, in

two groups the surgical treatment contributed to improvement of considered parameters, i.e., the pain syndrome had been reduced and hand function had improved. The Mann-Whitney U test was used to evaluate statistically significant differences in the VAS, the QuickDASH, the preoperative and postoperative range of motion between groups 1 and 2. The difference in the VAS between groups 1 and 2 was statistically significant at 2 months postoperatively *p*=0.000, and the pain syndrome was more significant in group 2. At 6 and 12 months *p* was greater than 0.05, indicating that there were no statistically significant differences between groups 1 and 2 at these periods postoperatively. In all periods, group 1 and group 2 scores were statistically significantly different (*p*<0.05) in the QuickDASH and range of motion; group 2 had a longer recovery of function.

In all patients of both groups complete skin flap engraftment as well as full restoration of the range of motion compared to the contralateral limb was achieved. Pain syndrome was resolved, and no recurrences were detected.

Table 2

Surgical treatment results of patients in both groups, Me [Q1; Q3]

Treatment result				
VAS				
Group	Preoperatively <i>p</i> = 0.968	In 2 months <i>p</i> = 0.000	In 6 months <i>p</i> = 0.541	In 12 months <i>p</i> = 0.665
1	6 [5; 6]	3 [1; 2]; <i>p</i> = 0.000	1 [1; 2]; <i>p</i> = 0.000	0 [0; 1]; <i>p</i> = 0.000
2	5.5 [5; 6]	3 [3; 4]; <i>p</i> = 0.000	1 [1; 2]; <i>p</i> = 0.000	0 [0; 1]; <i>p</i> = 0.000
QuickDASH				
Group	Preoperatively <i>p</i> = 0.000	In 2 months <i>p</i> = 0.000	In 6 months <i>p</i> = 0.000	In 12 months <i>p</i> = 0.000
1	49 [48; 51]	28 [26; 32] <i>p</i> = 0.000	18 [17; 19] <i>p</i> = 0.000	15 [14; 16] <i>p</i> = 0.000
2	55 [54; 57]	37.5 [36; 39] <i>p</i> = 0.000	25 [23.5; 26] <i>p</i> = 0.000	18 [17; 18] <i>p</i> = 0.000
Range of motion in the affected joint, deg.				
Group	Preoperatively <i>p</i> = 0.001	In 2 months <i>p</i> = 0.000	In 6 months <i>p</i> = 0.000	In 12 months <i>p</i> = 0.032
1	36.5 [33; 40]	67 [65; 69] <i>p</i> = 0.000	70 [68; 71] <i>p</i> = 0.000	70 [69; 72] <i>p</i> = 0.000
2	32 [28; 36.5]	60 [57.5; 62] <i>p</i> = 0.000	65 [63; 67] <i>p</i> = 0.000	69 [68; 70.5] <i>p</i> = 0.000

DISCUSSION

Clinical material analysis demonstrated that patients with MCs are initially referred to physicians of various specialties: surgeons, dermatologists, trauma and orthopedic surgeons, plastic surgeons, and hand surgeons specializing in this pathology.

Clinical examination showed high specificity of MC clinical picture, including the following signs:

- presence of a mass covered by thinned skin (which makes it look like a fluid-filled transparent bubble);
- typical location on the dorsal finger surface in the area of the distal interphalangeal joint, in the periungual or subungual area, less often – in the area of the proximal interphalangeal joint;
- thin skin over the cyst is easily damaged resulting in a weeping wound with clear mucosal discharge;
- MC located close to the nail plate can compress the nail, deforming it and its bed.

The main condition for a good MC treatment result (as well as for all soft tissue tumors and tumor-like formations of the hand) is timely and adequate diagnosis [6, 12, 15]. However, the analysis of care provided to group 2 patients at initial presentation showed a large number of diagnostic and treatment mistakes, including inappropriate procedures or palliative surgical interventions, which indicates the low awareness of medical professionals of this pathology.

Despite the specific clinical picture of MC, the diagnostic algorithm in case of this pathology should include additional diagnostic methods. Results of clinical tests for MC, as well as for all benign tumors and tumor-like formations of the hand, are nonspecific [17, 18, 19]. Traditional preoperative morphologic studies, such as smears and puncture biopsy, are contraindicated due to inadmissibility of damage to the cyst wall (because it inevitably leads to the formation of a non-healing wound) and low reliability [3]. But since, according to the literature [1, 2, 3] and our own observations, MCs occur in joints affected by osteoarthritis with the development of osteophytes and subsequent mucoid transformation of the periarticular connective tissue, the diagnostic algorithm must include X-ray, which reveals the most important elements for the differential diagnosis of MCs:

- connection with the corresponding interphalangeal joint;
- presence of degenerative-dystrophic changes in it (signs of osteoarthritis);
- compulsory presence of osteophyte.

Underestimation of X-ray as an obligatory method of examination to detect osteophytes, in our opinion, is due to the fact that performing X-rays in two or even three views is not always sufficient to detect osteophytes. In some cases, in patients with clinical signs of MC, it is necessary to examine the joint in all views, i.e., to perform multiple view radiography.

The soft tissue nature of MCs determines the need to study this neoplasm using ultrasonography. MC is visualized as a mass of a round or oval shape of an anechogenic structure (echogenic inclusions are possible). Its pedicle goes into the joint cavity and ends in the zone of deformation of the periosteum line of the distal or (if the MC is located in the area of the proximal interphalangeal joint) middle phalanx of the finger, which is explained by the presence of an osteophyte [3, 5, 18].

Thus, clinical examination makes it possible to identify signs of MC, which allows to administer X-ray and ultrasonography to the patient. Combination of specific clinical, radiologic, and ultrasonographic signs enables to diagnose MC in all patients [20, 21].

In the available literature (and in our observations), there is no indication of the possibility of MC involution, unlike synovial cysts (hygromas and ganglia) [22]. Increasing in size, MCs lead to increased pain syndrome, the wall of MCs of large size is easily exposed to damage with the formation of a persisting wound with possible infection. In addition, the larger the MC size, the larger the size of the skin flap required to close the skin defect after its excision [23, 24].

Manipulations, such as cyst puncture, removal of thinned skin over the cyst, exposure to chemical agents for the purpose of cauterization, are inadmissible due to recurrences and complications: trophic changes, dermatitis, purulent complications, mycotic lesions. Non-radical surgeries without excision of the osteophyte (the origin of MC formation) leads to recurrence. MC excision without skin grafting with preservation of the skin defect also leads to its recurrence and trophic changes of the surgical site [3].

Based on the treatment results of patients in both groups, the only correct method of MC treatment is the operative one. This statement corresponds to the opinion of a number of authors [3, 14, 15].

Radical surgery should comprise:

- complete MC excision including its contents;
- excision of the osteophyte of the phalanx of the finger on the cyst is formed where;
- formation of an L-shaped or U-shaped (depending on the size of the defect) skin flap on the dorsal finger surface (distally, middle and proximal phalanges);
- closure of the skin defect using the formed flap.

When performing radical surgical interventions for MC recurrences, including osteophyte excision and skin grafting, the recovery period is longer.

Postoperative histologic examination in case of MC, as well as in case of any tumor, in our opinion, is mandatory.

CONCLUSIONS

Thus, the causes of recurrences of mucous cysts are diagnostic and treatment mistakes. Patients with mucous cysts should be treated by hand surgeons (orthopedic trauma surgeons) with deep knowledge of this pathology. The diagnostic algorithm should include ultrasonography and X-ray. The only correct method of treatment is surgery. When performing surgical intervention, it is necessary not only to excise the cyst, but also to perform skin defect grafting with local tissues after cyst excision and removal of the osteophyte from the cyst originates where. Rehabilitation of patients with mucous cysts should include dosed physical exercises. Disease prognosis is favourable as long as the treatment tactics is chosen correctly, the surgery is performed timely, and the patient is managed properly during the rehabilitation period.

DISCLAIMERS

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patients for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

REFERENCES

1. Jabbour S., Kechichian E., Haber R., Tomb R., Nasr M. Management of digital mucous cysts: a systematic review and treatment algorithm. *Int J Dermatol.* 2017;56(7): 701-708. doi: 10.1111/ijd.13583.
2. Kim E.J., Huh J.W., Park H.J. Digital Mucous Cyst: A Clinical-Surgical Study. *Ann Dermatol.* 2017;29(1): 69-73. doi: 10.5021/ad.2017.29.1.69.
3. Salasche S.J. Myxoid cysts of the proximal nail fold: a surgical approach. *J Dermatol Surg Oncol.* 1984;10(1): 35-39. doi: 10.1111/j.1524-4725.1984.tb01170.x.
4. Chulovskaya I.G., Egiazaryan K.A., Skvortsova M.A., Lobachev E.L. Ultrasound diagnostics of synovial cysts of the hand and wrist. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2018;24(2):108-116. (In Russian) doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-108-116.
5. Wolfe S.W., Pederson W.C., Kozin S.H. Green's Operative Hand Surgery. Elsevier Health Sciences; 2010. 2392 p.
6. Rizzo M., Beckenbaugh R.D. Treatment of mucous cysts of the fingers: review of 134 cases with minimum 2-year follow-up evaluation. *J Hand Surg Am.* 2003;28(3):519-524. doi: 10.1053/jhsu.2003.50088.
7. Al-Hourani K., Gamble D., Armstrong P., O'Neill G., Kirkpatrick J. The Predictive Value of Ultrasound Scanning in Certain Hand and Wrist Conditions. *J Hand Surg Asian Pac Vol.* 2018;23(1):76-81. doi: 10.1142/S2424835518500108.
8. Plancher K.D. *MasterCases: Hand and Wrist Surgery.* Thieme; 2004. 581 p.
9. Sobanko J.F., Dagum A.B., Davis I.C., Kriegel D.A. Soft tissue tumors of the hand. 1. Benign. *Dermatol Surg.* 2007;33(6):651-667. doi: 10.1111/j.1524-4725.2007.33140.x.
10. Blume P.A., Moore J.C., Novicki D.C. Digital mucoïd cyst excision by using the bilobed flap technique and arthroplastic resection. *J Foot Ankle Surg.* 2005;44(1): 44-48. doi: 10.1053/j.jfas.2004.11.009.
11. Kuwano Y., Ishizaki K., Watanabe R., Nanko H. Efficacy of diagnostic ultrasonography of lipomas, epidermal cysts, and ganglions. *Arch Dermatol.* 2009;145(7): 761-764. doi: 10.1001/archdermatol.2009.61.
12. Naumov A.V., Vorobyeva N.M., Khovasova N.O., Moroz V.I., Meshkov A.D., Manevich T.M. et al. The prevalence of osteoarthritis and its association with geriatric syndromes in people over 65: data from the Russian epidemiological study EVKALIPT. *Ter Arkh.* 2021;93(12):1482-1490. (In Russian). doi: 10.26442/00403660.2021.12.201268.
13. Kim J.Y., Lee J. Considerations in performing open surgical excision of dorsal wrist ganglion cysts. *Int Orthop.* 2016;40(9):1935-1940. doi: 10.1007/s00264-016-3213-4.
14. Kuliński S., Gutkowska O., Mizia S., Gosk J. Ganglions of the hand and wrist: Retrospective statistical analysis of 520 cases. *Adv Clin Exp Med.* 2017;26(1):95-100. doi: 10.17219/acem/65070.
15. Epstein E. A simple technique for managing digital mucous cysts. *Arch Dermatol.* 1979;115:1315-1316.

16. Mahdavian Delavary B., Cremers J.E., Ritt M.J. Hand and wrist malpractice claims in The Netherlands: 1993-2008. *J Hand Surg Eur Vol.* 2010;35(5):381-384. doi: 10.1177/1753193409355735.
17. Egiazaryan K.A., Magdiev D.A. The analysis of rendering of specialized medical care by the patient with damages and hand diseases to the city of Moscow and ways of its optimization. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2012;19(2):8-12. (In Russian). doi: 10.17816/vto2012028-12.
18. Longhurst W.D., Khachemoune A. An unknown mass: the differential diagnosis of digit tumors. *Int J Dermatol.* 2015;54(11):1214-1225. doi: 10.1111/ijd.12980.
19. Starr H.M. Jr, Sedgley M.D., Means K.R., Murphy M.S. Ultrasonography for Hand and Wrist Conditions. *J Am Acad Orthop Surg* 2016;24(8):544-554. doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00170.
20. Chen I.J., Wang M.T., Chang K.V., Liang H.W. Ultrasonographic images of the hand in a case with early eosinophilic fasciitis. *J Med Ultrason (2001).* 2018;45(4):641-645. doi: 10.1007/s10396-018-0872-3.
21. Vanmierlo B., Vandekerckhove B., DE Houwer H., Decramer A., VAN Royen K., Goubau J. Digital mucous cysts of the finger without osteoarthritis: optimizing outcome of long needle trajectory aspiration and injection. *Acta Orthop Belg.* 2023;89(2):249-252. doi: 10.52628/89.2.11582.
22. Chen C.E., Wang T.H. A Modified Type III Keystone Flap for Digital Mucous Cyst of the Eponychium. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2022;10(12):e4715. doi: 10.1097/GOX.0000000000004715.
23. Kasdan M.L., Stallings S.P., Leis V.M., Wolens D. Outcome of surgically treated mucous cysts of the hand. *J Hand Surg Am.* 1994;19(3):504-507. doi: 10.1016/0363-5023(94)90071-X.
24. Kanaya K., Wada T., Iba K., Yamashita T. Total dorsal capsulectomy for the treatment of mucous cysts. *J Hand Surg Am.* 2014;39(6):1063-1067. doi: 10.1016/j.jhsa.2014.03.004.

Authors' information

✉ Irina G. Chulovskaya — Dr. Sci. (Med.)

Address: 1, Ostrovityanova st., Moscow, 117997, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-0126-6965>

e-mail: igch0906@mail.ru

Karen A. Egiazaryan — Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://orcid.org/0000-0002-6680-9334>

e-mail: egkar@mail.ru

Vladimir S. Kosmynin

<https://orcid.org/0000-0002-1006-4628>

e-mail: dr.kosmynin@gmail.com

Dmitriy S. Zharov

<https://orcid.org/0000-0002-3876-6832>

e-mail: dr.zharov@internet.ru

Aleksey A. Titov

<https://orcid.org/0009-0000-4387-1154>

e-mail: malan97@mail.ru



Кросс-культурная адаптация и валидация русскоязычной версии Michigan Hand Outcomes Questionnaire

А.Р. Миронов¹, А.С. Демин¹, Л.А. Родоманова¹, Н.В. Абдиба¹, М.Д. Ушаков²,
К. Плотниковс³, Е. Мовчанс³

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

² ООО «Лакта Клиника», г. Санкт-Петербург, Россия

³ Рижская восточная клиническая университетская больница, г. Рига, Латвия

Реферат

Актуальность. Michigan Hand Outcomes Questionnaire (МНО) — одна из наиболее часто используемых специализированных шкал для оценки пациентами состояния кисти и запястья. Однако до настоящего времени шкала не была валидирована на русский язык.

Цель — валидация и кросс-культурная адаптация русскоязычной версии опросника МНО для пациентов с заболеваниями кисти.

Материал и методы. Валидация и культурная адаптация проводилась в несколько этапов: прямой перевод, обратный перевод, формирование предварительной версии, пилотное тестирование (претестинг), формирование окончательной версии, с помощью которой были опрошены 50 пациентов, из них — 29 мужчин (58%) и 21 женщина (42%), средний возраст которых составил 52,7 (25–84) лет. Далее была проведена оценка психометрических свойств опросника: валидность, эффекты «потолка» и «пола», внутреннее соответствие (α Кронбаха), воспроизводимость, заполняемость. Пациенты заполняли опросник МНО при первичном обращении к травматологу-ортопеду и повторно на следующий день. Воспроизводимость оценивалась с помощью коэффициента внутриклассовой корреляции (ICC — intra-class correlation coefficient). Валидность оценивалась путем изучения взаимосвязи результатов исследуемого опросника с результатами валидированного в России опросника DASH.

Результаты. В рамках исследования была получена оценочная шкала с хорошими психометрическими свойствами: валидность — 0,726; $p < 0,001$; α Кронбаха $> 0,9$; 95% ДИ (0,65–0,97); воспроизводимость — 0,92 (0,87–0,96); заполняемость — 100%; эффект «потолка» наблюдался в 42 вопросах — 1–20, 22–27, 35, 37, 38, 42, 46–57, эффект «пола» — в 13 вопросах — 17, 20, 28–32, 39–41, 43–45.

Заключение. Результаты исследования валидности и ретестовой надежности русскоязычной версии шкалы МНО свидетельствуют о том, что она является надежным и достоверным инструментом оценки функции, боли, эстетического компонента и общей удовлетворенности пациентов состоянием кисти и запястья, которая может широко использоваться отечественными исследователями в практической и научной деятельности.

Ключевые слова: Michigan Hand Outcomes Questionnaire, МНО, русскоязычная версия, языковая и культурная адаптация опросника, повреждения и заболевания кисти.

Для цитирования: Миронов А.Р., Демин А.С., Ушаков М.Д., Родоманова Л.А., Абдиба Н.В., Плотниковс К., Мовчанс Е. Кросс-культурная адаптация и валидация русскоязычной версии Michigan Hand Outcomes Questionnaire. *Травматология и ортопедия России*. 2024;30(1):25-31. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17410>.

Артем Романович Миронов; e-mail: ortopedix@yandex.ru

Рукопись получена: 04.11.2023. Рукопись одобрена: 04.03.2024. Статья опубликована онлайн: 14.03.2024.

© Миронов А.Р., Демин А.С., Ушаков М.Д., Родоманова Л.А., Абдиба Н.В., Плотниковс К., Мовчанс Е., 2024



The Russian Version of the Michigan Hand Outcomes Questionnaire: Cross-Cultural Adaptation and Validation

Artem R. Mironov¹, Aleksandr S. Demin¹, Lyubov A. Rodomanova¹, Nino V. Abdiba¹, Maksim D. Ushakov², Konstantins Plotnikovs³, Jevgenijs Movcans³

¹ Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

² Lahta Clinic, St. Petersburg, Russia

³ Riga East Clinical University Hospital, Riga, Latvia

Abstract

Background. The Michigan Hand Outcomes Questionnaire (MHQ) is one of the most commonly used specialized scales to assess function, pain, aesthetic component, and overall patient satisfaction with their hands and wrists. However, to date, the scale has not been validated into Russian.

Aim of the study – validation and cross-cultural adaptation of the Russian-language version of the questionnaire for patients with hand diseases MHQ.

Methods. Validation and cultural adaptation were carried out in several stages: forward translation, back translation, formation of a preliminary version, pilot testing (pretesting), formation of the final version, with the help of which 50 patients were interviewed, of which 29 men (58%) and 21 women (42%), whose average age was 52.72 (25–84) years. Next, the psychometric properties of the questionnaire were assessed: validity, ceiling and floor effects, internal consistency (Cronbach's α), reproducibility, completion rate. Patients completed the MHQ questionnaire upon initial visit to an orthopedic traumatologist and again the next day. Reproducibility was assessed using the intra-class correlation coefficient (ICC). Validity was assessed by studying the relationship between the results of the questionnaire under study and the results of the DASH questionnaire validated in Russia.

Results. As part of the study, a rating scale was obtained with good psychometric properties: validity – 0.726, $p < 0.001$; Cronbach's $\alpha > 0.9$, 95% CI (0.65–0.97); reproducibility – 0.92 (0.87–0.96); occupancy rate – 100%; the ceiling effect is observed in 42 questions 1–20, 22–27, 35, 37, 38, 42, 46–57, the floor effect in 13 questions – 17, 20, 28–32, 39–41, 43–45.

Conclusions. The results of the study of the validity and retest reliability of the Russian version of the MHQ scale indicate that it is a reliable and reliable tool for assessing the function, pain, aesthetic component and overall satisfaction of patients with respect to their hands and wrists, which can be widely used by domestic researchers in practical and scientific activities.

Keywords: Michigan Hand Outcomes Questionnaire, MHQ, Russian-language version, questionnaire cross-cultural adaptation, injuries and disorders of the hand.

Cite as: Mironov A.R., Demin A.S., Rodomanova L.A., Abdiba N.V., Ushakov M.D., Plotnikovs K., Movcans J. The Russian Version of the Michigan Hand Outcomes Questionnaire: Cross-Cultural Adaptation and Validation. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2024;30(1):25-31. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17410>.

✉ Artem R. Mironov; e-mail: ortopedix@yandex.ru

Submitted: 04.11.2023. Accepted: 04.03.2024. Published Online: 14.03.2024.

© Mironov A.R., Demin A.S., Rodomanova L.A., Abdiba N.V., Ushakov M.D., Plotnikovs K., Movcans J., 2024

ВВЕДЕНИЕ

По современным данным, кисть — наиболее травмируемый сегмент конечности в структуре общего травматизма опорно-двигательного аппарата [1]. Лечение подобных повреждений для кистевых хирургов осложняется необходимостью проследить связь между объемом и характером вмешательства и последующими проблемами пациента, влияющими на качество его жизни [2]. И хотя качество жизни не может быть оценено объективно, существуют различные инструменты оценки, такие как опросники, разработанные специально для таких случаев. Эти инструменты должны быть корректно переведены, адаптированы, валидированы и протестированы [3]. Невыполнение этих условий может привести к ошибочной интерпретации данных и формированию неполноценной статистической картины. Кроме того, проведение опроса пациентов посредством специальных анкет дает представление о разных аспектах качества жизни, так как субъективное мнение пациента о его состоянии здоровья может отличаться от суждения медицинского персонала, особенно это касается болевого синдрома. Опросники помогают выявить эти отличия в рутинной клинической практике и улучшить качество медицинской помощи и ухода [4].

На данный момент для русскоязычных специалистов адаптирован и валидирован только один опросник для оценки функции верхней конечности — DASH (Disability of Arm, Shoulder and Hand) [5]. При всех положительных качествах этого инструмента, и несмотря на многолетний опыт его использования, приходится признать его неспецифичность и недостаточную чувствительность относительно патологий кисти, запястья, пальцев.

Для получения качественной обратной связи, улучшения медицинского ухода и качества лечения особенно важно использовать высокочувствительный, надежный и валидный опросник. Примером последнего может служить Мичиганский опросник для пациентов с заболеваниями кисти — Michigan Hand Outcomes Questionnaire (МНО), предложенный в 1998 г. К. Chi Chung с соавторами [6]. Достоинствами опросника являются его простота и возможность заполнения пациентом самостоятельно. МНО был переведен, адаптирован и валидирован на разных языках: шведском [7], малайском [8], финском [9], итальянском [10], польском [11], турецком [12], немецком [13] и нидерландском [14].

Для применения данного опросника в отечественной клинической практике необходимо выполнить языковую и культурную адаптацию, представляющую собой многоступенчатый процесс

придания опроснику эквивалентности оригиналу с учетом этнолингвистических особенностей популяции [15].

Целью исследования является валидация и кросс-культурная адаптация русскоязычной версии опросника Michigan Hand Outcomes Questionnaire.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Процесс валидации и кросс-культурной адаптации русскоязычной версии опросника МНО проводился в строгом соответствии с международными критериями, разработанными F. Guillemin с соавторами [4], и состоял из пяти шагов.

Шаг первый — прямой перевод.

Два носителя русского языка независимо друг от друга перевели исходную версию опросника МНО на русский язык. Первый переводчик — травматолог-ортопед, знакомый с анкетой МНО; второй — профессиональный переводчик, не знакомый с концепцией опросника МНО. Оба прямых перевода подлежали сравнению. Различные и неоднозначные термины были задокументированы, обсуждены двумя переводчиками, после чего прямые переводы были объединены.

Шаг второй — обратный перевод.

Два носителя английского языка с медицинским образованием, владеющие русским языком и не знакомые с анкетой МНО, по отдельности перевели объединенный прямой перевод на английский язык. Затем оба обратных перевода подлежали сравнению с исходной английской версией опросника, чтобы удостовериться, отражает ли переведенная версия то же содержание, что и исходная.

Шаг третий — экспертная комиссия.

Предварительный перевод был изучен четырьмя переводчиками и группой главных исследователей. Основной задачей этого этапа являлось выявление любых расхождений в значении используемой терминологии и получение наилучшего возможного перевода, которым и был предварительный вариант русскоязычной версии МНО.

Шаг четвертый — тестирование предварительной версии МНО.

В ходе текущего этапа с использованием предварительной версии МНО было проведено анкетирование 30 пациентов с различной патологией кисти, госпитализированных для оперативного лечения. По окончании анкетирования все пациенты были опрошены для изучения их понимания каждого вопроса анкеты. Результаты этого этапа были повторно оценены главными исследователями, после чего была сформирована окончательная версия опросника МНО.

Шаг пятый — тестирование финальной версии МНО.

На заключительном этапе текущего исследования было проведено анкетирование 50 пациентов с различной патологией кисти, госпитализированных для оперативного лечения в период с января по май 2023 г. Анкетирование в соответствии с классификацией видов анкетирования являлось [16]:

- 1) по степени охвата — сплошным,
- 2) по количеству участников — групповым,
- 3) по виду вопросов — закрытым,
- 4) по способу контакта — личным,
- 5) по способу предоставления информации — на печатной основе.

Помимо непосредственного перевода была проведена адаптация пунктов опросника, касающихся наиболее распространенных национальностей и групп распределения населения РФ по доходам, а также специфики российской системы образования*.

Пациенты

В исследование были включены 50 пациентов: 29 мужчин (58%) и 21 женщина (42%), средний возраст которых составил 52,7 (25–84) лет (табл. 1). В исследование были включены пациенты любого пола старше 18 лет, владеющие русским языком и письмом, страдающие заболеваниями кисти и ожидающие оперативного лечения.

Таблица 1

Характеристика пациентов по полу и возрасту (n = 50)

Пол	Показатель
Мужчины	
абс. (%)	29 (58)
средний возраст, M±SD (min-max)	52,4±14,9 (25–79)
Женщины	
абс. (%)	21 (42)
средний возраст, M±SD (min-max)	53,1±13,4 (34–84)
Общий средний возраст, M±SD	52,7±14,04

При госпитализации пациенты заполняли финальную версию опросника МНQ и анкету DASH. DASH — это опросник из 30 пунктов-вопросов по оценке выполнения повседневных действий, болевых ощущений, общей удовлетворенности пациента верхней конечностью за прошедшую неделю.

Статистический анализ

Статистический анализ проводился при помощи программного обеспечения: STATISTICA 12 и Microsoft Excel (2010). В исследовании оценивались следующие свойства опросника: валидность, внутреннее соответствие, воспроизводимость, эффекты «потолка» и «пола», заполняемость. Валидность рассчитывалась путем анализа силы корреляционной связи между результатами МНQ и DASH с использованием коэффициента Спирмена. Внутреннее соответствие русскоязычной версии МНQ было получено путем расчета α Кронбаха. Этот критерий демонстрирует, насколько вопросы анкеты согласуются между собой и не противоречат друг другу.

Воспроизводимость русскоязычной версии МНQ измерялась путем повторной раздачи 20 пациентам опросника МНQ на следующий день после тестирования. Для анализа связи между первичным и повторным заполнением анкеты использовался коэффициент внутриклассовой корреляции (ICC).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Внутреннее соответствие

Внутреннее соответствие русской версии МНQ было получено путем вычисления α Кронбаха. Данный критерий демонстрирует, насколько вопросы анкеты согласуются между собой и не противоречат друг другу. В нашем исследовании мы получили показатели $>0,9$; 95% ДИ (0,65–0,97), что свидетельствует о высокой степени согласованности анкеты (табл. 2).

Таблица 2

Внутреннее соответствие МНQ

Раздел	Кол-во вопросов	Кисть	α Кронбаха
Функция	5	Правая	0,95
		Левая	0,95
Повседневная активность	5	Правая	0,97
		Левая	0,95
		Обе	0,93
Работа	5	–	0,92
Боль	5	–	0,65
Эстетика	4	Правая	0,65
		Левая	0,84
Удовлетворенность	6	Правая	0,96
		Левая	0,93

* Федеральная служба государственной статистики. Социально-экономическое положение России. 2018.
 Федеральная служба государственной статистики. Итоги всероссийской переписи населения. 2020.
 Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (ред. от 17 февраля 2021 г.).

Воспроизводимость

Воспроизводимость русскоязычной версии МНҚ измерялась методом повторной раздачи 50 пациентам идентичных экземпляров анкет на следующий день после первичного тестирования. После заполнения второй анкеты авторы использовали

коэффициент внутрикласовой корреляции для анализа связи между первичным и повторным заполнением опросника. Был получен хороший показатель 0,92 (0,87–0,96), что позволяет судить о высокой степени воспроизводимости анкеты (табл. 3, 4).

Таблица 3

Показатели МНҚ при первичном и повторном заполнении (n = 50)

Раздел	Первичное заполнение		Повторное заполнение	
	Средний балл	SD	Средний балл	SD
Функция правой кисти	72,00	29,48	71,25	30,21
Функция левой кисти	64,50	31,07	65,00	31,49
Общая функция кисти	68,25	30,13	68,12	30,62
Повседневная активность, правая кисть	78,25	32,25	78,00	32,46
Повседневная активность, левая кисть	66,25	36,80	66,50	36,78
Повседневная активность, обе кисти	59,96	29,62	57,94	31,36
Работа	57,50	26,43	56,25	28,96
Боль	61,25	25,64	61,75	25,45
Эстетика, правая кисть	34,37	21,02	33,75	20,71
Эстетика, левая кисть	45,62	27,13	47,81	27,82
Удовлетворенность, правая кисть	70,20	30,68	71,45	27,84
Удовлетворенность, левая кисть	62,08	30,22	62,91	30,25
Итого, правая кисть	59,18	13,49	59,11	13,14
Итого, левая кисть	56,45	15,32	57,07	15,81

SD — стандартное отклонение.

Таблица 4

Тест-ретест МНҚ

Раздел	Показатели	
	ICC	95% ДИ
Функция	0,82	0,73–0,89
Повседневная активность	0,89	0,75–0,93
Работа	0,83	0,71–0,91
Боль	0,86	0,78–0,90
Эстетика	0,76	0,65–0,82
Удовлетворенность	0,84	0,79–0,88
Итог	0,92	0,87–0,96

p<0,001.

Валидность

Между значениями опросников МНҚ и DASH выявлена сильная корреляционная связь -0,726 (p<0,001), что позволяет судить о высокой валидности исследуемого опросника.

Эффекты «потолка» и «пола»

Эффекты «потолка» и «пола» наблюдаются в тех случаях, когда больше 15% опрошиваемых выбирают нижний или верхний вариант ответа. В числе исследуемых анкет эффект «потолка» был выявлен в 42 вопросах (1–20, 22–27, 35, 37, 38, 42, 46–57), из которых большинство относятся к пациентам с двусторонним процессом. Исходя из этого, можно сделать вывод, что пациенты с двухсторонним процессом склонны оценивать свой функциональный и болевой статус как более тяжелый, что необходимо учитывать при обработке данных. Эффект «пола» был выявлен в 13 вопросах (17, 20, 28–32, 39–41, 43–45), которые относятся к возможной нетрудоспособности пациентов или к эстетическим параметрам, вследствие чего пациенты могут намеренно занижать результаты в первом случае и относиться пренебрежительно во втором.

Заполняемость

Всем пациентам было подробным образом разъяснено, как заполнять анкету, вследствие чего ее заполняемость составила 100%.

ОБСУЖДЕНИЕ

Высокая распространенность травматизма и заболеваний кисти в Российской Федерации и постоянно увеличивающееся количество оперативных вмешательств на дистальном отделе верхней конечности вынуждают использовать особые инструменты для оценки функции, боли и общей удовлетворенности пациента состоянием кистей. В настоящее время у русскоязычных исследователей в арсенале оценки нарушения функции кисти есть только опросник DASH, обладающий низкой специфичностью, так как включает оценку патологических состояний всей верхней конечности, что может приводить к ложной оценке функции кисти в случаях сопутствующей патологии или при последствиях множественной травмы ипсилатеральной верхней конечности. Травматологам и реабилитологам требуется надежный инструмент для выявления проблем, с которыми сталкиваются пациенты при выполнении повседневной деятельности. Для использования опросников в разных культурах пункты должны быть не только адекватно переведены с лингвистической точки зрения, но и адаптированы с учетом культурных особенностей, чтобы поддерживать содержательную значимость опросника на концептуальном уровне.

Внутренняя согласованность является важным свойством опросников, которые предназначены

для измерения одной базовой концепции с использованием нескольких элементов. Переведенная версия показала валидность, воспроизводимость, внутреннюю согласованность, сравнимую с исходной англоязычной версией опросника. Это указывает на однородность подшкал и концептуальную эквивалентность русскоязычной версии.

Нами была культурно адаптирована и валидирована русскоязычная версия опросника МНҚ, которая может быть включена в рутинные протоколы обследования русскоязычных пациентов с патологиями кисти. В процессе адаптации текста были скорректированы условия проживания в Российской Федерации, этническое происхождение, доход и уровень образования в соответствии с местными реалиями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Адаптированная русскоязычная версия анкеты Michigan Hand Outcomes Questionnaire обладает хорошими психометрическими свойствами и может быть рекомендована для оценки функции, боли, эстетического компонента и общей удовлетворенности пациентов состоянием кистей и запястий.

Полная русскоязычная версия опросника МНҚ и алгоритм подсчета баллов размещены на сайте журнала в электронном варианте выпуска.

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17410-150495>;

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17410-150496>.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Возможный конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Maroukis B.L., Chung K.C., MacEachern M., Mahmoudi E. Hand trauma care in the United States: a literature review. *Plast Reconstr Surg.* 2016;137(1):100e-111e. doi: 10.1097/PRS.0000000000001879.
- Трошкин А.Ю. Повреждение дистального метаэпифиза лучевой кости и особенности его лечения. *Бюллетень медицинских интернет-конференций.* 2014;4(5):843. Troshkin A.Yu. Damage to the distal metaepiphysis of the radius and features of its treatment. *Bulletin of Medical Internet Conferences.* 2014;4(5):843. (In Russian).
- Белова А.Н., Буйлова Т.В. Шкалы, тесты и опросники в медицинской реабилитации. Москва: Антидор; 2002. 440 с. Belova A.N., Builova T.V., et al. Scales, tests and questionnaires in medical rehabilitation. Moscow: Antidor; 2002. 440 p. (In Russian).
- Guillemin F., Bombardier C., Beaton D. Cross-cultural adaptation of health-related quality of life measures: literature review and proposed guidelines. *J Clin Epidemiol.* 1993;46(12):1417-1432. doi: 10.1016/0895-4356(93)90142-n.
- Ягджан К.В., Абрамин Д.О., Геворгян А.М. Адаптация русской версии опросника DASH. *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии.* 2004;4:166-167. Yagdzhan K.V., Abramian D.O., Gevorgyan A.M. Adaptation of the Russian version of DASH. *Annals of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery.* 2004;4:166-167. (In Russian).
- Chung K.C., Hamill J.B., Walters M.R., Hayward R.A. The Michigan Hand Outcomes Questionnaire (МНҚ): assessment of responsiveness to clinical change. *Ann Plast Surg.* 1999;42(6):619-622. doi: 10.1097/0000637-199906000-00006.

7. Blomstrand J., Karlsson J., Fagevik Olsén M., Kjellby Wendt G. The Michigan Hand Outcomes Questionnaire (MHQ-Swe) in patients with distal radius fractures-cross-cultural adaptation to Swedish, validation and reliability. *J Orthop Surg Res.* 2021;16(1):442. doi: 10.1186/s13018-021-02571-7.
8. Lye J.X., Kow R.Y., Ismail R., Khalid K.A. The Malay Version of the Michigan Hand Outcomes Questionnaire: Cross-Cultural Adaptation, Validation and Reliability Testing. *J Hand Surg Asian Pac Vol.* 2021;26(2):166-179. doi: 10.1142/S2424835521500156.
9. Hulkkonen S., Repo J.P., Häkkinen A., Karppinen J., Ryhänen J. Cross-Cultural Adaptation and Validation of the Finnish Version of the Michigan Hand Outcomes Questionnaire. *Scand J Surg.* 2020;109(2):159-165. doi: 10.1177/1457496918818981.
10. Passiatore M., De Vitis R., Cilli V., Milano G., Saccomanno M.F., Cotroneo C. et al. The Italian Version of the Michigan Hand Outcomes Questionnaire (MHO): Translation, Cross-Cultural Adaptation and Validation. *J Hand Surg Asian Pac Vol.* 2021;26(4):666-683. doi: 10.1142/S242483552150065X.
11. Koziej M., Trybus M., Mydlowska A., Sałapa K., Gniadek M., Vanach M. et al. The Polish version of the Michigan Hand Outcomes Questionnaire: Cross-cultural adaptation, reliability, construct validity, and measurement error. *J Hand Surg Eur Vol.* 2018;43(2):199-208. doi: 10.1177/1753193417729579.
12. Ilhanli I., Durmus D., Oreki G. Cultural adaptation of the Michigan Hand Outcomes Questionnaire in patients with Carpal Tunnel Syndrome: A Turkish version study. *Chronic Dis Transl Med.* 2015;1(1):42-47. doi: 10.1016/j.cdtm.2015.02.011.
13. Knobloch K., Kuehn M., Papst S., Kraemer R., Vogt P.M. German standardized translation of the Michigan Hand Outcomes Questionnaire for patient-related outcome measurement in Dupuytren disease. *Plast Reconstr Surg.* 2011;128(1):39e-40e. doi: 10.1097/PRS.0b013e318218fd70.
14. van der Giesen F.J., Nelissen R.G., Arendzen J.H., de Jong Z., Wolterbeek R., Vliet Vlieland T.P. Responsiveness of the Michigan Hand Outcomes Questionnaire--Dutch language version in patients with rheumatoid arthritis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(6):1121-1126. doi: 10.1016/j.apmr.2007.10.033.
15. Beaton D.E., Bombardier C., Guillemin F., Ferraz M.B. Guidelines for the process of cross-cultural adaptation of self-report measures. *Spine (Phila Pa 1976).* 2000;25(24):3186-3189. doi: 10.1097/00007632-200012150-00014.
16. Долженко Ю.Ю., Позднякова А.С. Онлайн анкетирование как совместный и эффективный способ исследования. *Транспортное дело России.* 2015;(1):109-110. Dolzhenko Y.Y., Pozdnyakova A.S. Online questionnaire survey as a modern and effective way of research. *Transport Business in Russia.* 2015;(1):109-110. (In Russian).

Сведения об авторах

✉ Миров Артем Романович

Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,
ул. Академика Байкова, д. 8
<https://orcid.org/0009-0001-9273-8680>
e-mail: ortopedix@yandex.ru

Демин Александр Сергеевич

<https://orcid.org/0000-0001-9415-0023>
e-mail: demin-medic@mail.ru

Ушаков Максим Дмитриевич

<https://orcid.org/0009-0005-8465-3491>
e-mail: endergeo@mail.ru

Родоманова Любовь Анатольевна — д-р мед. наук,
профессор

<https://orcid.org/0000-0003-2402-7307>
e-mail: rodomanovaliubov@yandex.ru

Абдиба Нино Важаевна

<https://orcid.org/0000-0001-9152-5299>
e-mail: ninoabdiba@gmail.com

Плотников Константин

<https://orcid.org/0000-0002-6631-9343>
e-mail: k.plotnikovs@gmail.com

Мовчанс Евгений

<https://orcid.org/0000-0003-0561-4696>
e-mail: moridinevgen@gmail.com

Authors' information

✉ Artem R. Mironov

Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,
Russia
<https://orcid.org/0009-0001-9273-8680>
e-mail: ortopedix@yandex.ru

Aleksandr S. Demin

<https://orcid.org/0009-0001-9273-8680>
e-mail: ortopedix@yandex.ru

Maksim D. Ushakov

<https://orcid.org/0009-0005-8465-3491>
e-mail: endergeo@mail.ru

Lyubov A. Rodomanova — Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://orcid.org/0000-0003-2402-7307>
e-mail: rodomanovaliubov@yandex.ru

Nino V. Abdiba

<https://orcid.org/0000-0001-9152-5299>
e-mail: ninoabdiba@gmail.com

Konstantins Plotnikovs

<https://orcid.org/0000-0002-6631-9343>
e-mail: k.plotnikovs@gmail.com

Jevgenijs Movcans

<https://orcid.org/0000-0003-0561-4696>
e-mail: moridinevgen@gmail.com



Wrist Radiographic Indices and Patients' Performance Following Three Surgical Methods for Management of Distal Radius Fractures: A Randomized Single-Blind Controlled Trial

Majid Khalilizad, Farzad Ghezelsofla, Simin Mouodi, Rahmat Jokar,
Seyed Mokhtar Esmaelnejad Ganji, Masoud Bahrami, Sekineh Kamali Ahangar, Soraya Khafri

Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran

Abstract

Background. Distal radius fracture has been reported as the most common type of extremity fractures in adults. No treatment method has been introduced definitely for this type of fracture, especially for maintaining hand function in the best state.

The aim of this study – to assess the functional and radiological outcomes following three surgical methods, including external fixation, K-wire and external fixation with pinning.

Methods. This parallel-designed randomized controlled trial was conducted on adult patients with intra-articular fracture of distal radius. The participants were allocated in three research groups with block random sampling, and were matched for their age and gender. Primary outcome was radiographic parameters, including radial inclination, radial height, ulnar variance and dorsal/palmar tilt. Secondary outcome was the patient's performance examined with DASH and PRWE questionnaires. All participants were followed 6, 12 and 24 weeks after the surgery for evaluation of these outcomes.

Results. Totally, 78 patients, including 42 male and 36 female with mean age of 46.94 ± 11.05 years completed the research protocol. Although the four radiologic primary endpoints were in the normal clinical range after the intervention, a significant statistical difference was observed between the three groups ($p < 0.001$). Also, both DASH and PRWE score showed a significant decrease after the therapeutic interventions ($p < 0.001$).

Conclusion. The statistically significant difference in the research outcomes of the external fixation with pinning can show that this treatment method theoretically preserves the anatomical condition better than the other two methods, and probably has better functional effects on short-term and intermediate-term results following the surgery.

Keywords: distal radius fracture, surgical procedures, pinning, external fixation.

Cite as: Khalilizad M., Ghezelsofla F., Mouodi S., Jokar R., Ganji S.M.E., Bahrami M., Ahangar S.K., Khafri S. Wrist Radiographic Indices and Patients' Performance Following Three Surgical Methods for Management of Distal Radius Fractures: A Randomized Single-Blind Controlled Trial. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2024;30(1):32-41.
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17414>.

✉ Majid Khalilizad; e-mail: majidkhalilizad@yahoo.com

Submitted: 20.11.2023. Accepted: 13.02.2024. Published: 18.03.2024.

© Khalilizad M., Ghezelsofla F., Mouodi S., Jokar R., Ganji S.M.E., Bahrami M., Ahangar S.K., Khafri S., 2024

Рентгенометрические показатели лучезапястного сустава и функциональные результаты хирургического лечения переломов дистального отдела лучевой кости с применением трех методик: рандомизированное контролируемое исследование

Маджид Халилизад, Фарзад Гезельсофла, Симин Муоди, Рахмат Джокар, Сейед Мохтар Эсмаэлниджд Ганджи, Масуд Бахрами, Секине Камали Ахангар, Сорайя Хафри

Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran

Реферат

Актуальность. Переломы дистального отдела лучевой кости являются самым распространенными среди всех переломов конечностей у взрослых. Однако до сих пор не предложено единой методики лечения данных переломов, которая обеспечивала бы наилучшую сохранность функции кисти.


Цель исследования — оценить функциональные и рентгенологические результаты после трех вариантов хирургического лечения: внешней фиксации, фиксации спицами и внешней фиксации в сочетании со спицами.


Материал и методы. В параллельное рандомизированное контролируемое исследование было включены взрослые пациенты с внутрисуставными переломами дистального отдела лучевой кости. Методом блочной рандомизации они были разделены на три группы, сопоставимые по полу и возрасту. В качестве первого критерия оценки использовались рентгенометрические параметры: лучелоктевой угол, высота шиловидного отростка лучевой кости, локтелуцевой индекс и тыльный/ладонный наклон. Вторым критерием была оценка функциональных результатов по шкалам DASH и PRWE. Контрольные осмотры пациентов проводились на сроках 6, 12 и 24 нед. после операции.

Результаты. На всех этапах исследования была проведена оценка функциональных результаты 78 пациентов (42 мужчины и 36 женщин), средний возраст которых составил $46,94 \pm 11,05$ лет. Несмотря на то, что после хирургического вмешательства все четыре первичных рентгенометрических показателя были в пределах нормы, между тремя исследуемыми группами наблюдалась статистически значимая разница ($p < 0,001$). Кроме того, отмечалось значительное снижение показателей по шкалам DASH и PRWE после операции ($p < 0,001$).

Заключение. Статистически значимые отличия в результатах в случае выполнения внешней фиксации с использованием спиц могут свидетельствовать о том, что гипотетически данный метод лечения обеспечивает большую сохранность анатомии сустава, чем два других метода, и, вероятно, способствует получению лучших ближайших и среднесрочных функциональных результатов после операции.

Ключевые слова: перелом дистального отдела лучевой кости, хирургические методы лечения, фиксация спицами, внешняя фиксация.

 **Для цитирования:** Халилизад М., Гезельсофла Ф., Муоди С., Джокар Р., Ганджи С.М.Э., Бахрами М., Ахангар С.К., Хафри С. Рентгенометрические показатели лучезапястного сустава и функциональные результаты хирургического лечения переломов дистального отдела лучевой кости с применением трех методик: рандомизированное контролируемое исследование. *Травматология и ортопедия России*. 2024;30(1):32-41. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17414>.

 Маджид Халилизад; e-mail: majidkhalilizad@yahoo.com

Рукопись получена: 20.11.2023. Рукопись одобрена: 13.02.2024. Статья опубликована: 18.03.2024.

© Халилизад М., Гезельсофла Ф., Муоди С., Джокар Р., Ганджи С.М.Э., Бахрами М., Ахангар С.К., Хафри С., 2024

INTRODUCTION

Distal radius fracture (DRF) has been reported as the most common type of extremity fractures in adults; constitute 17.5% of all fractures [1, 2].

The fractures with more than 2 mm step-off in the radiocarpal joint and greater than 10° dorsal tilt are recommended to be treated surgically. Different surgical techniques and hardware have been introduced for the management of distal radial fractures. No one method can be used for all injuries, and, the surgeon should choose a proper approach based on the patient's condition [3, 4]. These treatment approaches are expected to promote pain-free movements of the wrist, the patient's ability to do his/her activities, and to prevent from degenerative articular changes in the future [5]. Timely surgery of these fractures has been recommended to achieve better long-term outcomes, and also, less disabilities of the arm, shoulder, and hand [6, 7].

External fixation (EF), open reduction and internal fixation with Kirschner wire (K-wire), and external fixation and pinning are important surgical approaches for management of these fractures [8]. These treatment approaches might have potential complications, ranging from skin incisions, cosmetic appearance, and related surgical adverse events which impact the patient's satisfaction and functional outcomes [9].

Different measures have been introduced to assess the treatment outcomes following the surgical procedures for DRF; functional and radiographic parameters are among the most important indices for this purpose [10, 11, 12].

Given no treatment method has been introduced definitely for this type of fracture, especially for maintaining hand function in the best state, this study aimed to evaluate the functional and radiological outcomes of three surgical methods.

METHODS

Trial design and blinding

The present study was conducted as a parallel single-blind randomized clinical trial. The patients did not know the type of surgical procedure chosen by the surgeon for treatment.

Patients

All adult patients with intra-articular fracture of distal radius (type C complete articular fracture based on AO/OTA Classification of Fractures and Dislocations [13]) referred to the emergency departments, outpatient clinics and orthopedic departments of three state hospitals affiliated to Babol University of Medical Sciences, north of Iran who were candidate for surgical treatment were included in the study, by census. The participants were allocated in three research groups with block

random sampling. The three groups were matched for their age and gender.

The inclusion criteria were: people aged 18–65 years with intra-articular fracture of the distal radius caused by trauma. Exclusion criteria included: pathological fractures other than trauma (tumor, disease or other reasons), simultaneous fracture of the upper limb on the same side, patients who did not want to participate in the research, Sudeck's atrophy, and patients who had clear osteoporosis on radiographs.

Sample size

Considering a study power of 80% at a confidence level of 95%, and a decrease of 2 units in the pain severity in three study groups and a drop of 10%, the sample size was determined to be 30 individuals in each group (totally 90).

Interventions

The patients were divided into three groups: K-wire technique for group 1, external fixation for group 2, and external fixation with pinning for group 3. All surgical procedures were carried out with a standard protocol under general or local anesthesia.

K-wire technique (group 1) was carried-out with closed reduction, and fixation with pins (3 or 4 pins were used depending on the shape of the fracture). In this method, closed reduction of the DRF was performed under the C-arm guide in the operating room, and the pins were placed crosswise. One or two pins were placed from the styloid process of the radius, and one or two pins from the opposite side. After making sure of the correct reduction, the long arm cast was taken. The conducted reduction and fixation were controlled with anteroposterior (AP) and lateral radiographic views during the surgical operation. The patients underwent immobilization cast for 6 weeks, 4 weeks of long cast and 2 weeks of short cast.

The external fixator (for group 2) was placed using 2.5 mm Schanz pins in the second metacarpal bones and 3.5 mm pins in the radius, proximal to the fracture site. In this method, under the C-arm guide in the operating room, reduction of DRF was performed. The reduction was checked with AP and lateral radiographic views. Subsequently, one Schanz pin was placed in the distal part of the fracture and inside the second metacarpal bone, and another one was placed inside the shaft of the radius, the wrist was placed under tension, and after sufficient distraction, the rods were placed on the Schanz pins, and finally the next Schanz pins were placed distally and proximally. The fixator included four Schanz pins, two rods and eight rods to Schanz-clamps to fix the rod. Finally, after making sure of the correct reduction, the long arm splint was taken [14]. The external fixator was removed 6 to 8 weeks after the intervention. No additional wire was used in these patients.

In the external fixation with pinning (group 3), the procedure of fixation was conducted with the same technique mentioned for the group 2. In addition to, 2 or 3 pins were used for fixation of the fracture site, depending on the patient's condition. In this method, under the C-arm guide in the operating room, the closed reduction of DRF was performed. The reduction was checked in the AP and lateral radiographic views. After making sure that the reduction was correct, the long arm splint was finally applied.

The patients of the three study groups were taken a wrist radiograph, immediately after the surgery. They were discharged from the hospital 24 hours after the intervention, while were prescribed to take an appropriate antibiotic medication (cephalosporin of the first generation) for three days, and were advised to move their fingers, actively.

Radiography was repeated two weeks after the intervention; and the patients were followed to check the fracture reduction. Subsequently, the participants were followed 4 weeks after the intervention to shorten the cast in group 1 patients. The last visit was performed at the time of pin or external fixator removal.

Physiotherapy was requested for all patients after the operation.

OUTCOMES ASSESSMENT

Primary outcome was radiographic parameters, including radial inclination, radial height, ulnar variance and dorsal/palmar tilt [15]. These markers were assessed immediately after the surgery, then the 6th, the 12th and the 24th weeks after the intervention.

Secondary outcome was the patient's performance. All participants were followed 12 and 24 weeks after the surgery for evaluation of this outcome. The Persian version of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) outcome measure, and Patient Rated Wrist Evaluation (PRWE) questionnaire were used for assessment of the patient's performance [15, 16].

DASH questionnaire includes 30 items. Normal DASH score is less than 15; a score of zero means no disability, and a score of 100 indicates severe disability [16].

The PRWE questionnaire contains 15 items, 5 of which are about intensity and repetition of

pain and 10 questions about the patient's ability to perform daily activities. A score of 100 means severe disability [15].

Statistical analysis

The collected data was analyzed using SPSS statistical software (version 26). Chi-square, t-test, and paired t-test were used for data analysis. P-value less than 0.05 was considered as the significant level.

RESULTS

Totally, 78 patients, including 42 (53.8%) male and 36 (46.2%) female with mean age 46.94±11.05 (a range of 19-65) years completed the research protocol. Participant flow is presented as Figure 1 to show the number of participants in each group who were randomly assigned, received intended treatment, and were analyzed for the research outcomes.

Baseline characteristics of the participants in three research groups is presented in Table 1. This table represents no significant difference between these groups about their age, gender and the side of hand injury ($p>0.05$).

Radiographic indices have been compared between the study groups in Table 2. This table shows that although the four radiologic measures (radial inclination, radial height, ulnar variance and dorsal/palmar tilt) were in the normal clinical range after intervention, a significant statistical difference was observed between the three groups ($p<0.001$). Also, an example of radiographic images before and after the three mentioned procedures is shown in Figure 2.

When the groups were compared 2 by 2 about the height of the radius, no significant difference was observed between the two groups of K-wire and external fixation after the surgery on the 0 day ($p = 0.249$), 6 weeks ($p = 0.135$), 12 weeks ($p = 0.066$) and 24 weeks ($p = 0.216$) after the surgery; however, the group of external fixation together with pin had a significant difference with external fixation ($p<0.05$). The height of the radius in the third group was better than that of the other groups.

Patients' performance following the three mentioned surgical interventions has been summarized in Table 3. Both DASH and PRWE score showed a significant decrease after the therapeutic interventions ($p<0.001$).

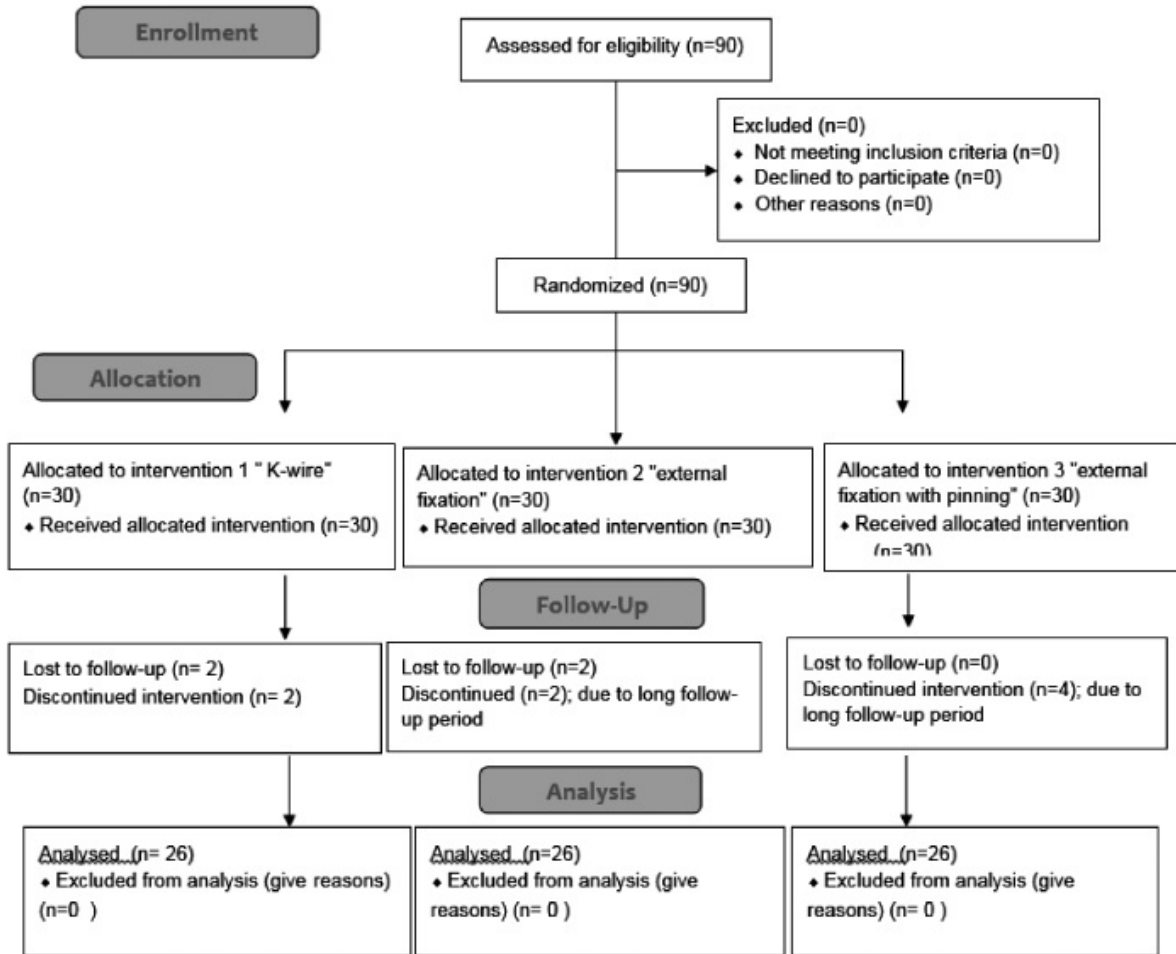


Fig. 1. Flow diagram of the study

Baseline characteristics of the participants in three research groups

Table 1

Characteristics	Study groups			p-value
	K-wire (n = 26)	External fixation (n = 26)	External fixation with pinning (n = 26)	
Gender (Number/Percent)				
Male	15 (57.7)	14 (53.8)	13 (50.0)	0.857
Female	11 (42.3)	12 (46.2)	13 (50.0)	
Age (Mean±SD)	46.50±12.14	47.69±10.18	46.62±11.39	0.914
The side of fracture (Number/Percent)				
Right	10 (38.50)	16 (61.50)	9 (34.60)	0.108
Left	16 (61.50)	10 (38.50)	17 (65.40)	

Table 2

Wrist radiologic indices following three surgical interventions for distal radius fracture, Mean±SD

Characteristics/ Study groups	Radial inclination p-value <0.001				Radial height p-value <0.001				Ulnar variance p-value <0.001				Dorsal/palmar tilt p-value <0.001			
	Day 0	6 th week	12 th week	24 th week	Day 0	6 th week	12 th week	24 th week	Day 0	6 th week	12 th week	24 th week	Day 0	6 th week	12 th week	24 th week
K-wire (n = 26)	20.71 ± 2.29	20.71 ± 2.22	19.02 ± 3.44	19.09 ± 3.29	10.09 ± 1.18	10.17 ± 1.11	9.33 ± 1.3	9.31 ± 1.26	0.28 ± 1.30	0.23 ± 1.29	0.48 ± 1.29	0.51 ± 1.28	4.59 ± 4.06	4.53 ± 3.85	4.11 ± 3.80	4.12 ± 3.87
External fixation (n = 26)	20.78 ± 2.29	21.06 ± 2.32	20.29 ± 3.35	19.68 ± 3.46	10.51 ± 0.58	10.65 ± 0.56	10.03 ± 0.84	9.81 ± 0.84	0.10 ± 1.06	0.85 ± 1.06	0.18 ± 1.10	0.30 ± 1.06	5.50 ± 2.22	5.75 ± 1.96	6.13 ± 2.52	5.82 ± 2.52
External fixation with pinning (n = 26)	22.57 ± 2.35	22.57 ± 2.34	21.60 ± 2.80	20.88 ± 2.87	11.38 ± 0.75	11.48 ± 0.78	11.28 ± 0.84	10.88 ± 0.91	-0.29 ± 1.57	-0.24 ± 1.64	0.04 ± 1.55	0.18 ± 1.57	6.61 ± 2.16	6.85 ± 2.17	6.37 ± 2.28	6.11 ± 2.32
Total	21.35 ± 2.44	21.45 ± 2.41	20.37 ± 3.34	19.89 ± 3.26	10.66 ± 1.01	10.77 ± 1.00	10.21 ± 1.29	10.00 ± 1.20	-0.32 ± 1.33	0.02 ± 1.35	0.23 ± 1.32	0.33 ± 1.31	5.57 ± 3.02	5.71 ± 2.92	5.54 ± 3.08	5.35 ± 3.07



Fig. 2. An example of radiographic images before and after the three surgical procedures:
 a – K-wire method before surgery;
 b – K-wire method after surgery;
 c – external fixation before surgery;
 d – external fixation after surgery;
 e – external fixation with pinning before surgery;
 f – external fixation with pinning after surgery

Table 3

Patients’ performance following three surgical interventions for distal radial fracture, Mean±SD

Characteristics/Study groups	DASH score		PRWE score	
	12 th week	24 th week	12 th week	24 th week
K-wire (n = 26)	47.70±8.17	35.70±8.66	53.17±7.78	41.59±7.21
External fixation (n = 26)	42.05±9.92	30.85±8.96	48.46±9.44	33.40±7.47
External fixation with pinning (n = 26)	38.43±8.78	28.26±9.52	43.46±7.22	30.51±7.57
Total	42.74±9.68	31.61±9.46	48.36±9.03	35.17±8.71

p-value <0.001.

DISCUSSION

This research aimed to evaluate the wrist radiographic parameters and patients’ performance after three surgical interventions for management of distal radial fracture.

Following the mentioned surgical interventions, a statistically significant difference was observed between the three groups about the height of the radius, although the height of the radius was in the normal range (8–12 mm) in all groups and the difference was not clinically significant. Of course, when the groups were compared 2 by 2 about the research outcomes, the height of the radius had better condition in the third group than that of the others. Furthermore, radial

height did not collapse within 6 months after external fixation with pinning; while in the other two methods, a radial shortening was observed. Multiple evidence represented the radial height as one of the important prognostic factors in treating distal radial fracture [17], however, there is discrepancy in the way that radial height is measured and reported, that influences on comparison of the findings in different studies [18]. Current research showed that this outcome was the best in the third group.

The radial inclination is closely related to the height of the radius, and both of these measures can be representative for axial compression of the radius. Some previous studies showed an association

between the loss of radial angle greater than 10° and unfavorable score of DASH [20]. In current trial, although the radial angle was in the normal range (16–29°) following the operation, a statistically significant difference was observed between the three groups. Similar to the findings of radial height, radial angle in the third group was better than the other groups.

In this research, the average of ulnar variance was in the normal range (+2 to -4) in postoperative assessment of all groups. Although a statistically significant difference was observed between different treatments, the difference was not clinically significant. The external fixation group with pinning had the best outcome about ulnar variance than that of other groups. In the study of H.P. Huddleston et al. showed that fixating the radius in -4 mm of ulnar negativity significantly decreased radial translation after sectioning the volar radioulnar ligament and triangular fibrocartilage complex (TFCC) [20]. Similar evidence reported that positive ulnar variance one year after distal radial fracture was clearly associated with unfavorable DASH score and weakness of grip [21, 22].

Palmar tilt was in the normal range (0-22°) in three groups; although, there was a statistically significant difference between the groups. This difference was not clinically significant; and the third group had the best condition in all follow-up periods. Different evidence exists about the impact of palmar tilt on postoperative functional outcomes. It can be due to differences in measurement methods and performance definitions in various studies. Falk et al showed no significant difference in postoperative functional assessment between the cases with non-anatomical restoration of the volar tilt with -5° to 5° with patients who had an anatomical volar tilt between 6° and 15° [23]. A dorsal tilt over 10° is an important cause of radiocarpal instability after distal radial fractures; and can be associated with unfavorable postoperative DASH results.

Mean DASH score was about 43 at the third month, and decreased to about 32 at the sixth month of postoperative assessment. These scores were higher than the normal range which should be below 15. This outcome was better in the third group compared to other two methods, and the patients undergoing this treatment intervention are expected to have better performance. A recent network meta-analysis compared short-term (up to 3 months) and intermediate-term (3 to 12 months) of DASH and PRWE scores following different treatment approaches of distal radial fractures and reported that internal fixation with volar lock plating made no increase in 1-year complication rates compared to other treatment options. They proposed

shared decision-making with patients to identify patient preferences regarding recovery to determine optimal treatment [24].

Mean PRWE score was about 48 at the third month and improved to about 35 at the sixth month. Similar to DASH score. This research endpoint was better in the third group; patients underwent external fixation with pinning had better performance after six months following the surgery.

The sample size, and study design are strong points of this research. The patients were followed for six months; and this can be a limitation of this study. Long-term follow-up of patients is recommended for future studies.

CONCLUSION

The statistically significant difference in the research outcomes of the external fixation with pinning can show that this treatment method theoretically preserves the anatomical condition better than the other two methods, and probably has better functional effects on short-term and intermediate-term results following the surgery.

DISCLAIMERS

Funding source. This study has been financially supported by Babol University of Medical Sciences.

Disclosure competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. The research protocol was approved by the Ethics Committee of Babol University of Medical Sciences with approval number: IR.MUBABOL.HRI.REC.1397.246; and was registered in the website of Iranian Registry of Clinical Trials (IRCT20190221042782N1; available at: <https://en.irct.ir/trial/38920?revision=86960>).

Consent for publication. The authors obtained written consent from patients to participate in the study and publish the results.

REFERENCES

1. Ermutlu C., Mert M., Kovalak E., Kanay E., Obut A., Öztürkmen Y. Management of Distal Radius Fractures: Comparison of Three Methods. *Cureus*. 2020;12(8): e9875. doi: 10.7759/cureus.9875.
2. Candela V., Di Lucia P., Carnevali C., Milanese A., Spagnoli A., Villani C. et al. Epidemiology of distal radius fractures: a detailed survey on a large sample of patients in a suburban area. *J Orthop Traumatol*. 2022;23(1):43. doi: 10.1186/s10195-022-00663-6.
3. Del Piñal F., Jupiter J.B., Rozental T.D., Arora R., Nakamura T., Bain G.I. Distal radius fractures. *J Hand Surg Eur Vol*. 2022;47(1):12-23. doi: 10.1177/17531934211028711.

4. Doermann A., Gupta D.K., Wright D.J., Shafiq B., Hacquebord J., Rafijah G. et al. Distal Radius Fracture Management: Surgeon Factors Markedly Influence Decision Making. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev.* 2023;7(3):e23.00002. doi: 10.5435/JAOSGlobal-D-23-00002.
5. Ter Meulen D.P., Mulders M.A.M., Kruiswijk A.A., Kret E.J., Slichter M.E., van Dongen J.M. et al. Effectiveness and cost-effectiveness of surgery versus casting for elderly patients with Displaced intra-Articular type C distal Radius fractures: protocol of a randomised controlled Trial with economic evaluation (the DART study). *BMJ Open.* 2022;12(4):e051658. doi: 10.1136/bmjopen-2021-051658.
6. Khan S., Persitz J., Shrouder-Henry J., Khan M., Chan A., Paul R. Effect of Time-To-Surgery on Distal Radius Fracture Outcomes: A Systematic Review. *J Hand Surg Am.* 2023;48(5):435-443. doi: 10.1016/j.jhsa.2022.12.018.
7. Ahmad F., Neral M., Hoyen H., Simcock X., Malone K. Does Time to Operative Intervention of Distal Radius Fractures Influence Outcomes? *Hand (N Y).* 2022;17(1-suppl):135S-139S. doi: 10.1177/15589447211072219.
8. Satria O., Wikanjaya R., Tenges C.A., Al Mashur M.I. Minimally Invasive Plating of Distal Radius Fracture: A Series of 42 Cases and Review of Current Literature. *Minim Invasive Surg.* 2023;2023:3534849. doi: 10.1155/2023/3534849.
9. Franovic S., Pietroski A.D., Druskovich K., Page B., Burdick G.B., Fathima B. et al. A Cost-Effectiveness Analysis of the Various Treatment Options for Distal Radius Fractures. *J Hand Surg Glob Online.* 2022;5(2):169-177. doi: 10.1016/j.jhsg.2022.11.007.
10. Olech J., Kopczyński B., Tomczyk Ł., Konieczny G., Kazubski K., Morasiewicz P. The functional and radiographic outcomes following distal radius fracture treatment in a cast for 4 and 6 weeks in the elderly: A randomized trial. *Adv Clin Exp Med.* 2022;31(6):701-706. doi: 10.17219/acem/150032.
11. Shen O., Chen C.T., Jupiter J.B., Chen N.C., Liu W.C. Functional outcomes and complications after treatment of distal radius fracture in patients sixty years and over: A systematic review and network meta-analysis. *Injury.* 2023;54(7):110767. doi: 10.1016/j.injury.2023.04.054.
12. Schmidt V., Gordon M., Tägil M., Sayed-Noor A., Mukka S., Wadsten M. Association Between Radiographic and Clinical Outcomes Following Distal Radial Fractures: A Prospective Cohort Study with 1-Year Follow-up in 366 Patients. *J Bone Joint Surg Am.* 2023;105(15):1156-1167. doi: 10.2106/JBJS.22.01096.
13. Jayakumar P., Teunis T., Giménez B.B., Verstreken F., Di Mascio L., Jupiter J.B. AO Distal Radius Fracture Classification: Global Perspective on Observer Agreement. *J Wrist Surg.* 2017;6(1):46-53. doi: 10.1055/s-0036-1587316.
14. Shukla R., Jain R.K., Sharma N.K., Kumar R. External fixation versus volar locking plate for displaced intra-articular distal radius fractures: a prospective randomized comparative study of the functional outcomes. *J Orthop Traumatol.* 2014;15(4):265-270. doi: 10.1007/s10195-014-0317-8.
15. Hassankhani G.G., Moradi A., Vahedi E., Hoseinian S.H.S., Jahani Z., Rahmani M. et al. Psychometric Properties of the Persian Version of the Patient Rated Wrist Evaluation. *Arch Bone Joint Surg.* 2017;5(4):243-249.
16. Mousavi S.J., Parnianpour M., Abedi M., Askary-Ashtiani A., Karimi A., Khorsandi A., Mehdian H. Cultural adaptation and validation of the Persian version of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) outcome measure. *Clin Rehabil.* 2008;22(8):749-757. doi: 10.1177/0269215508085821.
17. Cheng M.F., Chiang C.C., Lin C.C., Chang M.C., Wang C.S. Loss of radial height in extra-articular distal radial fracture following volar locking plate fixation. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2021;107(5):102842. doi: 10.1016/j.otsr.2021.102842.
18. Chan P.Y.W., Silver J.M., Phelan J., Moore K., Green A., Katt B. How Are Radial Height and Radial Shortening Defined in the Treatment of Distal Radius Fractures? A Critical Review. *Hand (N Y).* 2023;15589447221150506. doi: 10.1177/15589447221150506.
19. Kamal A.H., Zakaria O.M., Majzoub R.A., Alrasheed M.K., Babiker H.A., Nasir E.W.F. Distal Radius Extra-Articular Fractures: The Impact of Anatomical Alignment on Patient's Perceived Outcome (A Single Center Experience). *Cureus.* 2023;15(3):e36541. doi: 10.7759/cureus.36541.
20. Huddleston H.P., Kurtzman J.S., Deegan L., Hayes W., Austin K., Carter J. et al. Negative Ulnar Variance Lessens DRUJ Instability After DRUJ Disruption: A Biomechanical Analysis. *Hand (N Y).* 2022;15589447221124233. doi: 10.1177/15589447221124233.
21. Johnson N.A., Dias R., Dias J.J. Ulnar variance in distal radial fractures: assessment and interpretation. *J Hand Surg Eur Vol.* 2022;47(6):597-604. doi: 10.1177/17531934211070375.
22. Stirling P.H.C., Oliver W.M., Ng N., Oliver C.W., McQueen M.M., Molyneux S.G. et al. Distal radius malunion: outcomes following an ulnar shortening osteotomy. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2023;33(5):1635-1640. doi: 10.1007/s00590-022-03325-9.
23. Falk S.S.I., Mittlmeier T., Gradl G. Residual dorsal displacement following surgery in distal radial fractures: A cause for trouble? *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2023;49(2):843-850. doi: 10.1007/s00068-022-02061-3.
24. Jayaram M., Wood S.M., Kane R.L., Yang L.Y., Chung K.C. Association of Open Reduction and Internal Fixation With Volar Locking Plate for Distal Radius Fractures With Patient-Reported Outcomes in Older Adults: A Network Meta-analysis. *JAMA Netw Open.* 2023;6(6):e2318715. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2023.18715.

Authors' information

✉ Majid Khalilizad

Address: Keshavarz Boulevard, Babol, Mazandaran, Iran

<https://orcid.org/0000-0002-5711-0492>

e-mail: majidkhalilizad@yahoo.com

Farzad Ghezelsoufa

<https://orcid.org/0009-0009-9654-4793>

e-mail: f_ghezelsoufa_md@yahoo.com

Simin Mouodi

<https://orcid.org/0000-0001-7868-9360>

e-mail: dr.mouodi@gmail.com

Rahmat Jokar

<https://orcid.org/0000-0001-5517-3804>

e-mail: dr.Jokk@gmail.com

Seyed Mokhtar Esmaelnejad Ganji

<https://orcid.org/0000-0002-6520-5918>

e-mail: smsnganji@yahoo.com

Masoud Bahrami

<https://orcid.org/0000-0003-3341-1140>

e-mail: bahramimasood@gmail.com

Sekineh Kamali Ahangar

<https://orcid.org/0000-0003-0906-4804>

e-mail: bcrdc90@yahoo.com

Soraya Khafri

<https://orcid.org/0000-0002-2398-7560>

e-mail: khafri@yahoo.com

Which Factors Can Lead to Subsidence of a Non-Modular Tapered Stem after Revision Hip Arthroplasty?

Rashid M. Tikhilov¹, Alisagib A. Dzhavadov¹, Artur V. Koptsov², Pavel V. Filonov¹, Saida M. Kurbanova³, Igor I. Shubnyakov¹

¹ Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

² Tetyukhin Urals Clinical Treatment and Rehabilitation Center, Nizhny Tagil, Russia

³ Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia

Abstract

Aim of the study — to evaluate our own experience of the use of non-modular tapered stems in revision hip arthroplasty to determine the incidence and causes of repeated revisions, functional outcomes, and factors associated with the subsidence of non-modular tapered stems.

Methods. We retrospectively analyzed the results of using 78 non-modular tapered stems. The average follow-up period was 5.1 years.

Results. There were repeated revisions accompanied by the removal of non-modular tapered stems in 14 (17.9%) cases. Significant subsidence was observed in 5 (6.4%) cases. Bicortical contact less than 2.0 cm ($p = 0.017$) was a risk factor for the subsidence of non-modular tapered stems. The risk of having a bicortical contact of less than 2 cm was higher in patients with type IV femoral defect ($p = 0.048$). An improvement in functional parameters was found. Patients with significant subsidence of non-modular tapered stems had worse functional outcomes compared to the patients without significant subsidence.

Conclusions. The use of non-modular tapered stems in revision hip arthroplasty shows good results in terms of repeated revision rates and functional outcomes. Periprosthetic infection and aseptic loosening were the most frequent causes of repeated revisions with the removal of non-modular tapered stems. All patients with significant subsidence of non-modular tapered stems underwent repeated revision due to aseptic loosening. Bicortical contact less than 2.0 cm was a risk factor for significant subsidence of non-modular tapered stems. The risk of bicortical contact less than 2.0 cm was higher in patients with type IV femoral defects. Therefore, it is recommended to use non-modular tapered stems with caution or consider other hip reconstruction options in this type of defect.

Keywords: revision hip arthroplasty, non-modular tapered stem, bicortical contact, femoral defects.

Cite as: Tikhilov R.M., Dzhavadov A.A., Koptsov A.V., Filonov P.V., Kurbanova S.M., Shubnyakov I.I. Which Factors Can Lead to Subsidence of a Non-Modular Tapered Stem after Revision Hip Arthroplasty? *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2024;30(1):42-51. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17417>.

✉ Alisagib A. Dzhavadov; e-mail: alisagib.dzhavadov@mail.ru

Submitted: 28.11.2023. Accepted: 08.02.2024. Published Online: 14.03.2024.

© Tikhilov R.M., Dzhavadov A.A., Koptsov A.V., Filonov P.V., Kurbanova S.M., Shubnyakov I.I., 2024



Какие факторы могут привести к проседанию немодульного конического бедренного компонента после ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава?

Р.М. Тихилов¹, А.А. Джавадов¹, А.В. Копцов², П.В. Филонов¹,
С.М. Курбанова³, И.И. Шубняков¹

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

² ООО «Уральский клинический лечебно-реабилитационный центр им. В.В. Тетюхина», г. Нижний Тагил, Россия

³ ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

Реферат


Цель исследования — оценка собственного опыта использования немодульных конических бедренных компонентов при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава для определения частоты и причин повторных ревизий, функциональных результатов, а также факторов, ассоциированных с проседанием немодульных конических бедренных компонентов.


Материал и методы. Был проведен ретроспективный анализ результатов использования немодульных конических бедренных компонентов (НКБК) в 78 случаях. Средний срок наблюдения составил 5,1 лет.

Результаты. В 14 (17,9%) случаях были выполнены повторные ревизии, сопровождающиеся удалением НКБК. Значительное проседание наблюдалось в 5 (6,4%) случаях. Бикортикальный контакт менее 2,0 см ($p = 0,017$) был фактором риска проседания немодульных конических бедренных компонентов. Риск получения бикортикального контакта менее 2 см был выше у пациентов с дефектом бедренной кости IV типа ($p = 0,048$). Было выявлено улучшение функциональных показателей. Пациенты со значительным проседанием НКБК имели худшие функциональные результаты по сравнению с пациентами без значительного проседания.

Заключение. Использование НКБК при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава показывает хорошие результаты в отношении частоты повторных ревизий и функциональных показателей. Наиболее частыми причинами повторных ревизий с удалением НКБК были перипротезная инфекция и асептическое расшатывание. У всех пациентов со значительным проседанием НКБК была выполнена повторная ревизия по причине асептического расшатывания. Бикортикальный контакт менее 2,0 см являлся фактором риска значительного проседания НКБК. Риск возникновения бикортикального контакта менее 2,0 см был выше у пациентов с дефектами бедренной кости IV типа, поэтому при данном типе дефекта рекомендуется использовать НКБК с осторожностью или рассматривать другие варианты реконструкции бедра.

Ключевые слова: ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава, немодульный конический бедренный компонент, бикортикальный контакт, дефект бедренной кости.

 **Для цитирования:** Тихилов Р.М., Джавадов А.А., Копцов А.В., Филонов П.В., Курбанова С.М., Шубняков И.И. Какие факторы могут привести к проседанию немодульного конического бедренного компонента после ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава? *Травматология и ортопедия России*. 2024;30(1): 42-51. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17417>.

 **Джавадов Алисагиб Аббасович;** e-mail: alisagib.dzhavadov@mail.ru

Рукопись получена: 28.11.2023. Рукопись одобрена: 08.02.2024. Статья опубликована онлайн: 14.03.2024.

© Тихилов Р.М., Джавадов А.А., Копцов А.В., Филонов П.В., Курбанова С.М., Шубняков И.И., 2024

BACKGROUND

National registries data indicate an increase in the number of revision hip arthroplasties (RHA) [1, 2, 3]. The choice of the femoral stem for achieving stable fixation is one of the most important stages of RHA. Nowadays, we have gained experience in the use of various types of stems in RHA [4, 5, 6, 7, 8].

In 1987, H. Wagner described the use of non-modular tapered stems (NMTS) in RHA. The stem is fixed in the diaphysis, the tapered geometry provides axial stability, and longitudinal ribs provide rotational stability [9]. These stems have shown good results in RHA. However, a significant subsidence (≥ 10 mm) remains one of the problems after implantation of these types of stems [10, 11]. Several authors have shown that subsidence of NMTS may be related to the extent of bone loss of the femur and poor filling of its canal with the stem [7, 10, 12]. Studies on the outcomes of using modular tapered stems indicate a greater risk of subsidence when bicortical stem contact is less than 2 cm [13, 14], while bicortical contact of less than 2 cm as a risk factor for NMTS subsidence has not been well studied.

Aim of the study is to evaluate our own experience of the use of non-modular tapered stems in revision hip arthroplasty to determine its incidence and causes, functional outcomes, and factors associated with subsidence of these types of stems.

METHODS

Study design

Inclusion criteria were the use of Wagner Self-Locking (SL) NMTS (Zimmer Biomet, USA) in RHA and a follow-up period of at least two years. An *exclusion criterion* was the use of Wagner SL NMTS in primary total hip arthroplasty. Seventy-eight RHAs performed between 2008 and 2020 by the same surgeon were included in the study. A retrospective analysis of medical histories and X-rays was performed. Patients were invited to the clinic for physical and radiological examination. Those who could not come to the clinic were contacted by phone and asked to send X-rays via e-mail. Mean follow-up was 5.1 years: standard deviation (SD) — 2.5;

median (Me) — 4.9; interquartile range (IQR) (25-75) — 3.8-6.1; minimum and maximum values (min-max) — 2.1-14.3.

Assessment of results

We analyzed various types of complications in the postoperative period. Comparative assessment of functional outcomes in the pre- and postoperative periods was performed using the Oxford Hip Score questionnaire [15]. The Paprosky classification [16] was used to describe femoral bone defects. The type of periprosthetic fracture causing RHA was determined according to the unified classification system [17]. Intraoperative periprosthetic fractures were described according to the Vancouver classification [18].

Radiological assessment was used to compare the position of the components at two time points: immediately after surgery and at the time of the last radiological examination. Stem subsidence was determined by comparing landmarks on the femur and on the prosthesis, which were clearly visible in all X-rays. The medial point of the lesser trochanter, calcar, proximal or distal contour of the lesser trochanter, and cerclage wires were used as landmarks on the femur. The apex of the stem shoulder was used as a landmark on the prosthesis. We drew a line from the reference point on the femur to the reference point on the prosthesis. This vertical line allowed us to calculate the actual length of the stem subsidence over the cortical bone (Fig. 1).

A subsidence of 10 mm or more was considered clinically significant. Bicortical contact was determined as the total length of the direct contact between the cortical plate and the contour of the prosthesis without a radiolucent line on the femur X-ray in the AP view [13, 14] (Fig. 2). Stem varus-valgus alignment was determined by measuring the angle between the lateral periosteal surface of the femoral canal and the longitudinal axis of the stem [19]. The known diameter of the femoral head was used to assess the accuracy of all measurements.

For 5-6 weeks, patients were advised to use crutches and limit axial load on the operated leg. In the period from 6 weeks to 3 months, patients were recommended to start full weight bearing on the operated leg using crutches or cane.

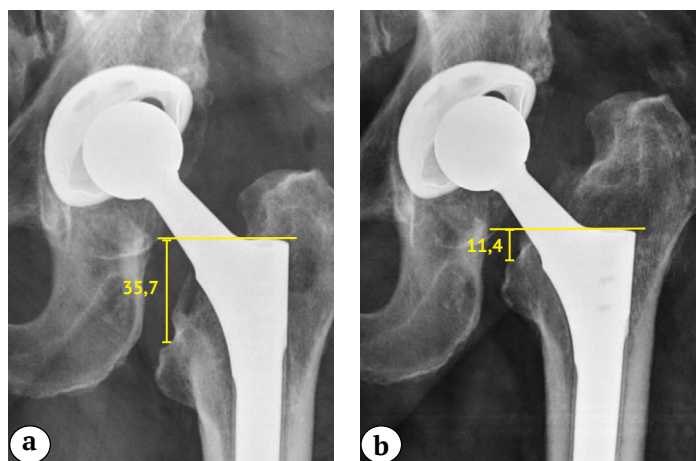


Fig. 1. X-ray images of the left hip of a 64-year-old patient after revision surgery:
 a – on day 1;
 b – in 9 months: 24.3 mm subsidence of the stem is observed

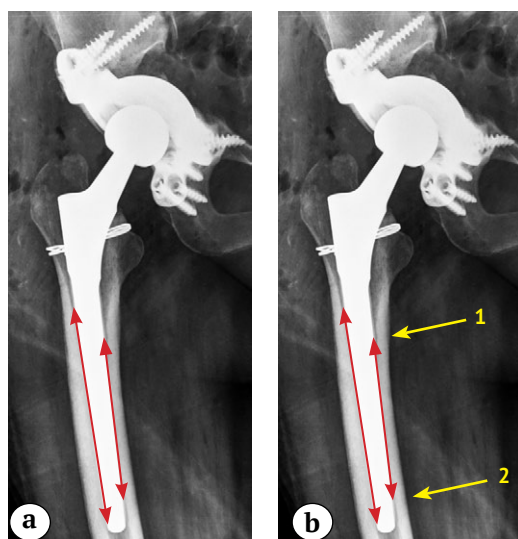


Fig. 2. X-ray images of the right hip of a 50-year-old patient on day 1 after revision surgery:
 a – the lines indicate the contact between the femoral component and the cortical layer of the femur on the medial and lateral sides;
 b – the length of the bicortical contact was defined as the total length of the direct contact between the cortical plate and the contour of the prosthesis without a radiolucent line (arrows 1 and 2)

Mean length of the implanted stems was 235.4 mm (SD – 40.2; Me – 225; IQR – 190-265, min-max – 190-305 mm); diameter – 16.9 mm (SD – 2.6; Me – 17; IQR – 15-18; min-max – 14-25). Mean surgery duration was 188.8 min

(SD – 48.5; Me – 180; IQR – 160.0-271.5; min-max – 100-310), and mean blood loss was 605 ml (SD – 330.4; Me – 500; IQR – 400-825; min-max – 150-1600). Patients' characteristics and the features of surgical treatment are presented in Tables 1, 2, 3.

Table 1

Baseline characteristics of patients

Parameter	Number (%)	M±SD	Me	IQR (25–75)	min-max
Age, years old	–	57.1±12.2	58.0	49–65	24–84
Gender					
male	26 (33.3)	–	–	–	–
female	52 (66.7)				
BMI, kg/m ²	–	26.9±4.2	27.1	23.7–28.7	17.8–38.2
Previous surgeries	–	2.6±19.0	2	1–3	1–11

Table 2

Revisions causes, types of defects and periprosthetic fractures

Parameter	Number (%)
Revision cause	
aseptic loosening	31 (39.7)
periprosthetic infection (second stage)	33 (42.3)
periprosthetic fracture	5 (6.4)
pain after arthroplasty	2 (2.6)
dislocation	1 (1.3)
mechanical destruction	6 (7.7)
Defect type (Paprosky classification)	
II	16 (20.5)
IIIA	33 (42.3)
IIIB	24 (30.8)
IV	5 (6.4)
Periprosthetic fracture type (unified classification system)	
B2	2 (40)
B3	3 (60)

Table 3

Specific characteristics of surgeries

Parameter	Number (%)
Side	
left	41 (52.6)
right	37 (47.4)
Extent of revision	
femoral stem replacement	19 (24.4)
femoral and acetabular component replacement	59 (75.6)
Femoral bone grafting	
morselized bone graft	5 (50)
structural bone graft	5 (50)

Statistical analysis

Clinical (age, weight, gender, number of hip surgeries, previous infection, allograft use, femoral stem length, femoral stem diameter, preoperative periprosthetic fractures, intraoperative periprosthetic fractures, extended femoral osteotomy, type of femoral defect) and radiological (medial-lateral bicortical contact of the stem and stem varus-valgus alignment) factors were analyzed. Normality of the distribution was tested using the Shapiro-Wilk test and the Kolmogorov-Smirnov test. In case of normal distribution of quantitative indicators, we used Student's t-test to analyze the independent samples. If the distribution of quantitative indicators differed from normal,

the Mann-Whitney U test was used to analyze the independent samples. Wilcoxon's test was used for analysis of dependent samples. The chi-square test and Fisher's exact test were used to assess the differences between nominal variables. In some cases, the odds ratio (OR) was identified. A value of $p < 0.05$ was used as a criterion for statistical significance of observed differences. However, a Bonferroni correction for p-value was applied when comparing individual categories in categorical variables. Thus, for intraoperative periprosthetic fractures, periprosthetic fractures as causes of RHA, and types of femoral defects according to the Paprosky classification, $p < 0.01$, $p < 0.025$, and $p < 0.0125$ values were determined as criteria for statistical significance, respectively.

Statistical analysis was performed using Past software version 4.03 (Norway) [20].

RESULTS

In 14 (17.9%) out of 78 cases, repeated revisions with stem removal were performed for the following reasons: periprosthetic joint infection (PJI) in 7 cases, aseptic loosening of the femoral stem in 5 cases, pain syndrome in 1 case, and mechanical failure in 1 case. The mean time for complications was 31 months (SD – 42.5; Me – 15; IQR – 5.0-46.5; min-max – 3-166). The mean stem subsidence in all patients was 1.9 mm (SD – 7.0; Me – 0; IQR – 0-0-0; min-max – 0.0-37.8). Significant subsidence was observed in 5 (6.4%) cases. The mean subsidence in this group of patients was 26.5 mm (SD – 8.4; Me – 24.7; IQR – 18.8-35.1; min-max – 18.4-37.8). All 5 patients underwent repeated revision due to aseptic loosening of the femoral stem. In 73 (93.6%) cases, the subsidence was less than 10 mm with the mean subsidence of 0.07 (SD – 0.4; Me – 0; IQR – 0-0; min-max – 0.0-3.3).

In 9 (12.3%) out of 73 cases with subsidence less than 10 mm, complications that required repeated revisions with stem removal were observed: in 7 cases due to PJI, in one – due to pain, and in one more – due to mechanical stem destruction. Patients with significant stem subsidence were significantly more likely to have a bicortical contact less than 2 cm compared to the

group of patients with stem subsidence less than 10 mm (Table 4). The odds ratio for the bicortical contact factor less than 2.0 cm when comparing two groups of patients was 15.5 (95% CI 1.6-148.9; p = 0.017). The lowest value of bicortical contact was found in patients with type IV femoral defect – 2.8 cm (SD – 2.2; Me – 1.3; IQR – 1.2-4.8; min-max – 1.2-6.3). In patients with less femoral bone loss, we obtained the following bicortical contact values: type II femoral defects – 5.3 cm (SD – 3.1; Me – 6.1; IQR – 2.6-8.2; min-max – 0.0-9.5), type IIIA femoral defects – 4.6 cm (SD – 3.7; Me – 4.5; IQR – 0.8-7.5; min-max – 0.0-10.8), and type IIIB femoral defects – 5.5 cm (SD – 4.0; Me – 4.3; IQR – 2.2-8.6; min-max – 0.0-14.3). The risk of bicortical contact less than 2.0 cm was higher in patients with type IV hip defects (OR = 6.3; 95% CI – 0.9-41.5; p = 0.048 for type IV compared to types II, IIIA, IIIB).

When comparing the Oxford Hip Score, there was a statistically significant difference (p<0.001): preoperatively (M±SD – 14.5±7.2; Me – 15; IQR – 10-20; min-max – 0 to 27) and postoperatively (M±SD – 34.2±7.2; Me – 34; IQR – 28-41; min-max – 22 to 48). Patients with significant stem subsidence had lower Oxford Hip Score values compared to patients without significant subsidence – (M±SD – 22.8±1.3; Me – 22; IQR – 22-24; min-max – 22 to 25) vs (M±SD – 36.5±7.1; Me – 36; IQR – 31-43; min-max – 22 to 48) (p<0.001) (Fig. 3).

Table 4

Analysis of the influence of various factors on the femoral stem subsidence

Factor	Patients with significant stem subsidence, n = 5	Patients without significant stem subsidence, n = 73	p
Age, years old	Mean – 62.4 (SD – 2.6; Me – 62; IQR – 60-65; min-max – 60-66)	Mean – 56.7 (SD – 11.9; Me – 57; IQR – 52-64; min-max – 24-84)	0.136
BMI, kg/m2	Mean – 29.9 (SD – 2.7; Me – 39; IQR – 27.5-31.8; min-max – 27.2-32.5)	Mean – 26.5 (SD – 4.6; Me – 26.5; IQR – 23.9-28.5; min-max – 17.8-38.2)	0.102
Male	3 (60%)	23 (31%)	0.326
Number of surgeries on the hip joint	Mean – 2.4 (SD – 1.9; Me – 1; IQR – 1-4.5; min-max – 1-5)	Mean – 2.5 (SD – 1.9; Me – 2; IQR – 1-3; min-max – 1-11)	0.835
Infection in the medical history	2 (40%)	31 (42.5%)	1.0
Use of the structural allograft	0 (0%)	5 (6.8%)	1.0

Factor	Patients with significant stem subsidence, n = 5	Patients without significant stem subsidence, n = 73	p
Length of the stem, mm	Mean – 249 (SD – 35.8; Me – 225; IQR – 225–285; min-max – 225–305)	Mean – 232.3 (SD – 41.3; Me – 225; IQR – 190–265; min-max – 190–305)	0.412
Diameter of the stem, mm	Mean – 16.2 (SD – 1.9; Me – 16; IQR – 14.5–18; min-max – 14–19)	Mean – 17.1 (SD – 2.7; Me – 17; IQR – 15–18; min-max – 14–25)	0.566
Factor	Patients with significant stem subsidence, n = 5	Patients without significant stem subsidence, n = 73	p
Intraoperative periprosthetic fractures			
A2	0 (0%)	2 (2.7%)	1.0*
A3	0 (0%)	1 (1.4%)	1.0*
B2	0 (0%)	1 (1.4%)	1.0*
B3	1 (20%)	0 (0%)	0.064*
C2	0 (0%)	1 (1.4%)	1.0*
Periprosthetic fractures as a cause of RHA			
B2	0 (0%)	2 (2.7%)	1.0**
B3	0 (0%)	3 (4.1%)	1.0**
Extended osteotomy of the femur	1 (20%)	14 (19.2%)	1.0
Defect type (Paprosky classification)			
II	1 (20%)	15 (20.5%)	1.0***
IIIA	2 (40%)	31 (42.5%)	1.0***
IIIB	0 (0%)	24 (32.9%)	0.316***
IV	2 (40%)	3 (4.1%)	0.031***
Medial-lateral bicortical contact <2,0 cm	4 (80%)	15 (20.5%)	0.011
Stem varus-valgus alignment, deg.	Mean – 0.32 (SD – 0.3; Me – 0.3; IQR – 0–0.65; min-max – 0–0.8)	Mean – 0.63 (SD – 0.9; Me – 0.2; IQR – 0–0.9; min-max – 0.3–3.6)	0.874

Statistically significant p is in bold.

After application of the Bonferroni correction: * – p<0,01; ** – p<0,025; *** – p<0,0125.

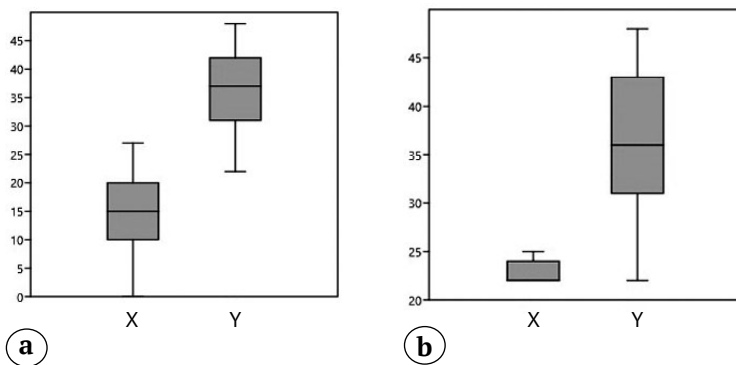


Fig. 3. The functional status according to the Oxford Hip Score: a – preoperative (x), postoperative (y); b – patients with significant stem subsidence (x), patients without significant stem subsidence (y)

DISCUSSION

In our study, we evaluated the results of NMTS use in 78 cases of RHA. A statistically significant improvement in functional outcomes was noted, which is consistent with the results of the studies by other authors [21]. The subsidence in all patients was 1.9 mm. A significant subsidence was observed in 5 (6.4%) cases. These results are comparable to those reported in other studies [10, 11, 22]. The risk factor for significant subsidence was a bicortical contact of less than 2 cm. S. Tangsataporn et al. also identified bicortical contact of less than 2 cm as a risk factor for significant subsidence, but only for modular tapered stems [13]. P. Moriarty et al. also reported that modular tapered stems with bicortical contact less than 2 cm were characterized by a higher incidence of significant subsidence [14]. Regarding NMTS, J. Gutiérrez Del Alamo et al. and A. Baktır et al. reported that significant subsidence was associated with poor filling of the femoral canal. In our opinion, poor femoral canal filling may indirectly indicate insufficient bicortical contact. However, this is only our assumption, since bicortical contact was not evaluated in these studies [10, 12].

We found that the risk of having a bicortical contact of less than 2 cm was higher in patients with Paprosky type IV femoral defect ($p = 0.048$). Thus, in this case it is much more difficult to achieve a bicortical contact threshold of 2 cm, which may result in significant subsidence. The option of using NMTS in this type of defect was considered in a study by D. Regis et al. Wagner SL revision stem was implanted in 12 (29.3%) out of 41 cases in type IV femoral defect according to the Paprosky classification, and no significant subsidence of the stem was observed in any case [11]. On the other hand, P. Böhm and O. Bischel noted a positive association between femoral defects graded as 1B or higher according to the Böhm and Bischel classification system and subsidence of the Wagner SL revision stem; however, it should be noted that the characteristics of the femoral defects according to this classification differ from those of the femoral defects according to the Paprosky classification [7]. We believe that NMTS should be used with caution in type IV femoral defects. We would like to emphasize that the use of NMTS

in other types of femoral defects may be a good solution because, for example, in types IIIA, IIIB, and II femoral defects we obtained bicortical contact values well above the 2 cm threshold, which ultimately reduces the risk of significant subsidence.

We recommend aggressive reaming, especially in the pedestal region, to ensure adequate contact of the stem with the cortical bone. We also consider it reasonable to perform intraoperative X-rays in the AP view to assess the achievement of the 2 cm bicortical contact threshold, although in our cohort of patients there were only a few cases with intraoperative radiological control.

The most common cause of NMTS removal in the study by A.J. Clair et al., similar to our report, was PJI — 4.5% of the total number of cases [23]. The authors noted that the higher PJI incidence in patients with NMTS compared to patients with modular stems may be related to the longer mean surgery duration in case of NMTS use — 193 ± 66 minutes versus 163 ± 78 minutes. Mean surgery duration when implanting NMTS in our study was shorter compared to the data of A.J. Clair et al. and amounted to 188.8 min. At the same time, in 5 out of 7 cases where the Wagner SL revision stem was removed due to PJI, the patients had previously undergone hip interventions associated with PJI. In our opinion, PJI development in these patients may be related not only to the duration of revision surgery, but also to the presence of infectious complications in the medical history.

Limitations of the study

Our study is retrospective. We do not have complete data on each patient at certain time points. All operations were performed by the same surgeon.

CONCLUSIONS

The use of non-modular tapered stems in revision hip arthroplasty shows good results in terms of revision rates and functional outcomes. Periprosthetic infection and aseptic loosening were the most frequent causes of repeated revisions with removal of non-modular tapered stems. All patients with significant subsidence of these stems underwent repeated revision due to aseptic loosening. Bicortical contact less than

2.0 cm was a risk factor for significant subsidence of non-modular tapered stems. The risk of bicortical contact of less than 2.0 cm was higher in patients with type IV femoral defects. Therefore, it is recommended to use non-modular tapered stems with caution or consider other hip replacement options in this type of defect.

DISCLAIMERS

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. The authors obtained written consent from patients to participate in the study and publish the results.

REFERENCES

- Furnes O.G.J., Hallan G., Visnes H., Gundersen T., Fenstad A.M., Dybvik E. et al. Annual Report Norwegian National Advisory Unit on Arthroplasty and Hip Fractures. Bergen: Health Bergen H.F.; 2021:2021.
- Kärrholm J., Rogmark C., Naucler E., Nåtman J., Vinblad J., Mohaddes M. et al. Swedish Hip Arthroplasty Register Annual report 2019. Available from: https://registercentrum.blob.core.windows.net/shpr/r/VGR_Annual-report_SHAR_2019_EN_Digital-pages_FINAL-ryxaMBUWZ_.pdf.
- Shubnyakov I.I., Riahi A., Denisov A.O., Korytkin A.A., Aliev A.G., Veber E.V. et al. The Main Trends in Hip Arthroplasty Based on the Data in the Vreden's Arthroplasty Register from 2007 to 2020. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2021;27(3):119-142. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-119-142.
- Hamilton W.G., Cashen D.V., Ho H., Hopper R.H. Jr., Engh C.A. Extensively porous-coated stems for femoral revision: a choice for all seasons. *J Arthroplasty*. 2007; 22(4 Suppl 1):106-110. doi: 10.1016/j.arth.2007.01.002.
- Cameron H.U. The long-term success of modular proximal fixation stems in revision total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2002;17(4 Suppl 1):138-141. doi: 10.1054/arth.2002.32462.
- Ovesen O., Emmeluth C., Hofbauer C., Overgaard S. Revision total hip arthroplasty using a modular tapered stem with distal fixation: good short-term results in 125 revisions. *J Arthroplasty*. 2010;25(3):348-354. doi: 10.1016/j.arth.2008.11.106.
- Böhm P., Bischel O. Femoral revision with the Wagner SL revision stem: evaluation of one hundred and twenty-nine revisions followed for a mean of 4.8 years. *J Bone Joint Surg Am*. 2001;83(7):1023-1031.
- Ornstein E., Linder L., Ranstam J., Lewold S., Eisler T., Torper M. Femoral impaction bone grafting with the Exeter stem – the Swedish experience: survivorship analysis of 1305 revisions performed between 1989 and 2002. *J Bone Joint Surg Br*. 2009;91(4):441-446. doi: 10.1302/0301-620X.91B4.21319.
- Wagner H. Revision prosthesis for the hip joint in severe bone loss. *Orthopade*. 1987;16(4):295-300. (In German).
- Baktır A., Karaaslan F., Gencer K., Karaoğlu S. Femoral Revision Using the Wagner SL Revision Stem: A Single-Surgeon Experience Featuring 11-19 Years of Follow-Up. *J Arthroplasty*. 2015;30(5):827-834. doi: 10.1016/j.arth.2014.12.024.
- Regis D., Sandri A., Bonetti I., Braggion M., Bartolozzi P. Femoral revision with the Wagner tapered stem: a ten- to 15-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Br*. 2011;93(10):1320-1326. doi: 10.1302/0301-620X.93B10.25927.
- Gutiérrez Del Alamo J., Garcia-Cimbreló E., Castellanos V., Gil-Garay E. Radiographic bone regeneration and clinical outcome with the Wagner SL revision stem: a 5-year to 12-year follow-up study. *J Arthroplasty*. 2007;22(4):515-524. doi: 10.1016/j.arth.2006.04.029.
- Tangsataporn S., Safir O.A., Vincent A.D., Abdelbary H., Gross A.E., Kuzyk P.R. Risk Factors for Subsidence of a Modular Tapered Femoral Stem Used for Revision Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2015;30(6):1030-1034. doi: 10.1016/j.arth.2015.01.009.
- Moriarty P., Sheridan G.A., Wong L., Guerin S., Gul R., Harty J.A. Bicortical Contact Predicts Subsidence of Modular Tapered Stems in Revision Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2020;35(8):2195-2199. doi: 10.1016/j.arth.2020.03.047.
- Dawson J., Fitzpatrick R., Carr A., Murray D. Questionnaire on the perceptions of patients about total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br*. 1996;78-B:185-190. doi: 10.1302/0301-620X.78B2.0780185.
- Weeden S.H., Paprosky W.G. Minimal 11-year follow-up of extensively porous-coated stems in femoral revision total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2002;17(4 Suppl 1): 134-137. doi: 10.1054/arth.2002.32461.
- Duncan C.P., Haddad F.S. The Unified Classification System (UCS): improving our understanding of periprosthetic fractures. *Bone Joint J*. 2014;96-B(6):713-716. doi: 10.1302/0301-620X.96B6.34040.
- Masri B.A., Meek R.M., Duncan C.P. Periprosthetic fractures evaluation and treatment. *Clin Orthop Relat Res*. 2004;(420):80-95. doi: 10.1097/00003086-200403000-00012.
- Callaghan J.J., Salvati E.A., Pellicci P.M., Wilson P.D. Jr., Ranawat C.S. Results of revision for mechanical failure after cemented total hip replacement, 1979 to 1982. A two to five-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am*. 1985;67(7):1074-1085.
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electron*. 2001;4:1-9.

21. Sandiford N.A., Garbuz D.S., Masri B.A., Duncan C.P. Nonmodular tapered fluted titanium stems osseointegrate reliably at short term in revision THAs. *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(1):186-192. doi: 10.1007/s11999-016-5091-x.
22. Huang Y., Zhou Y., Shao H., Gu J., Tang H., Tang Q. What is the difference between modular and nonmodular tapered fluted titanium stems in revision total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2017;32(10):3108-3113. doi: 10.1016/j.arth.2017.05.021.
23. Clair A.J., Cizmic Z., Vigdorichik J.M., Poultsides L.A., Schwarzkopf R., Rathod P.A. et al. Nonmodular Stems Are a Viable Alternative to Modular Stems in Revision Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2019;34(7S): S292-S296. doi: 10.1016/j.arth.2019.03.007.

Authors' information

✉ Alisagib A. Dzhavadov — Cand. Sci. (Med.)

Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-6745-4707>

e-mail: alisagib.dzhavadov@mail.ru

Rashid M. Tikhilov — Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>

e-mail: rtikhilov@gmail.com

Artur V. Koptsov

<https://orcid.org/0000-0002-4353-4710>

e-mail: avkoptsov@gmail.com

Pavel V. Filonov

<https://orcid.org/0000-0001-7758-0128>

e-mail: drpavelfilonov@gmail.com

Saida M. Kurbanova

<https://orcid.org/0009-0004-5825-5548>

e-mail: angelina6791@list.ru

Igor I. Shubnyakov — Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0003-0218-3106>

e-mail: shubnyakov@mail.ru



Comparative Assessment of Surgical Treatment Results of Patients with Early-Stage Avascular Necrosis of the Femoral Head

Gennadiy P. Kotelnikov¹, Dmitry S. Kudashev¹, Sergey D. Zuev-Ratnikov¹, Ivan S. Shorin², Vardan G. Asatryan¹, Andrey A. Knyazev¹

¹ Samara State Medical University, Samara, Russia

² Main Clinical Hospital of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Moscow, Russia

Abstract

Background. The observed sharp increase in patients with avascular necrosis of the femoral head (ANFH) associated with a new COVID-19 infection determines the need to find some new effective strategies for surgical treatment to achieve long-term positive results.

Aim of the study is to make a comparative assessment of surgical treatment results of patients with early-stage avascular necrosis of the femoral head using different techniques of core decompression and autogenous bone grafting of the femoral head.

Methods. We performed a comparative analysis of the treatment results of patients with early stages of ANFH. The patients were divided by the treatment method into two groups: control and main. Surgical treatment in the control group (n = 19) consisted of an open decompression and autogenous bone grafting of the femoral head using the Rosenwasser's "light bulb" technique. The main group (n = 17) included the patients who had undergone the developed combined impaction autografting of the femoral head. Clinical and functional assessment of the treatment results was performed using the Harris Hip Score (HHS) questionnaire and the Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index (WOMAC) score. Assessment was performed preoperatively and at 3, 6, and 12 months postoperatively.

Results. The performed comparative analysis showed statistically significant difference in clinical and functional results after operative treatment in patients of the control and the main groups at all follow-ups. Change of the HHS values presented as Me (Q1;Q3) in patients of both groups at 3, 6 and 12 months was 77.0 (68.0;84.0) and 82.0 (75.0;91.0), p = 0.001; 79.0 (69.0;85.0) and 88.0 (79.0;95.0), p<0.001; 81.0 (71.0;86.0) and 90.0 (85.0;92.0), p<0.001, respectively. According to the WOMAC, the following dynamics was revealed for the same values: 30.0 (25.0;35.0) and 25.0 (21.0;32.0), p = 0.002; 27.0 (22.0;33.0) and 20.0 (17.0;27.0), p<0.001; 24.0 (17.0;30.0) and 15.0 (13.0;24.0), p<0.001.

Conclusion. Comparative assessment of efficacy of the open core decompression with autogenous bone grafting of the femoral head defect using the light bulb technique and closed intralesional resection of necrosis focus with combined impaction grafting of the femoral head showed that the minimal damage to para- and intraarticular tissues when performing the approach to the area of the pathological focus and the main stages of the operation allows to achieve the best clinical and functional results and create optimal conditions for bone remodeling in the grafting area.

Keywords: avascular necrosis of the femoral head, ANFH, core decompression, bone grafting.

Cite as: Kotelnikov G.P., Kudashev D.S., Zuev-Ratnikov S.D., Shorin I.S., Asatryan V.G., Knyazev A.A. Comparative Assessment of Surgical Treatment Results of Patients with Early-Stage Avascular Necrosis of the Femoral Head. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2024;30(1):52-65. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17408>.

✉ Dmitry S. Kudashev; e-mail: dmitrykudashew@mail.ru

Submitted: 25.10.2023. Accepted: 26.01.2024. Published Online: 15.02.2024.

© Kotelnikov G.P., Kudashev D.S., Zuev-Ratnikov S.D., Shorin I.S., Asatryan V.G., Knyazev A.A., 2024

Сравнительная оценка результатов оперативного лечения пациентов с асептическим некрозом головки бедренной кости ранних стадий

Г.П. Котельников¹, Д.С. Кудашев¹, С.Д. Зуев-Ратников¹, И.С. Шорин²,
В.Г. Асатрян¹, А.А. Князев¹

¹ ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Самара, Россия

² ФКУЗ «Главный клинический госпиталь Министерства внутренних дел Российской Федерации», г. Москва, Россия

Реферат

Актуальность. Наблюдающийся резкий рост пациентов с АНГБК, ассоциированным с перенесенной новой коронавирусной инфекцией COVID-19, определяет необходимость поиска новых эффективных стратегий оперативного лечения, позволяющих получить долгосрочные положительные результаты.


Цель — провести сравнительную оценку результатов оперативного лечения пациентов с асептическим некрозом головки бедренной кости ранних стадий с применением разных способов core-декомпрессии и костной аутопластики головки бедренной кости.


Материал и методы. Проведен сравнительный анализ результатов лечения пациентов с ранними стадиями асептического некроза головки бедренной кости. Пациенты были распределены по способу лечения на две группы: контрольную и основную. В контрольной группе ($n = 19$) оперативное лечение проводили способом открытой декомпрессии и костной аутопластики головки бедренной кости, используя технику М.Р. Rosenwasser “light bulb”. В основную группу ($n = 17$) вошли пациенты, хирургическое лечение которым выполняли с применением разработанного способа комбинированной импакционной аутопластики головки бедренной кости. Клинико-функциональную оценку результатов лечения выполняли с помощью опросника Harris Hip Score (HHS) и шкалы Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index (WOMAC). Оценка проводилась до операции и на сроках 3, 6 и 12 мес. после оперативного вмешательства.

Результаты. Проведенный сравнительный анализ показал статистически значимую разницу клинико-функциональных результатов после оперативного лечения у пациентов контрольной и основной групп на всех сроках наблюдения. Изменение показателей Harris Hip Score в виде Me (Q1;Q3) у пациентов контрольной и основной групп на сроках наблюдения 3, 6 и 12 мес. составило 77,0 (68,0;84,0) и 82,0 (75,0;91,0), $p = 0,001$; 79,0 (69,0;85,0) и 88,0 (79,0;95,0), $p < 0,001$; 81,0 (71,0;86,0) и 90,0 (85,0;92,0), $p < 0,001$ соответственно. По шкале WOMAC была выявлена следующая динамика показателей на тех же сроках наблюдения: 30,0 (25,0;35,0) и 25,0 (21,0;32,0), $p = 0,002$; 27,0 (22,0;33,0) и 20,0 (17,0;27,0), $p < 0,001$; 24,0 (17,0;30,0) и 15,0 (13,0;24,0), $p < 0,001$.

Заключение. Сравнительная оценка эффективности открытой core-декомпрессии с костной аутопластикой дефекта головки бедренной кости по способу “light bulb” и закрытой внутриочаговой резекции очага некроза с комбинированной импакционной пластикой головки бедренной кости показала, что минимальное травмирование пара- и интраартикулярных тканей при выполнении доступа к зоне патологического очага и проведения основных этапов операции позволяет достичь лучших клинико-функциональных результатов и создать оптимальные условия для процессов ремоделирования в зоне остеопластики.

Ключевые слова: асептический некроз головки бедренной кости, АНГБК, core-декомпрессия, костная пластика.

 **Для цитирования:** Котельников Г.П., Кудашев Д.С., Зуев-Ратников С.Д., Шорин И.С., Асатрян В.Г., Князев А.А. Сравнительная оценка результатов оперативного лечения пациентов с асептическим некрозом головки бедренной кости ранних стадий. *Травматология и ортопедия России*. 2024;30(1):52-65. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17408>.

 Кудашев Дмитрий Сергеевич; e-mail: dmitrykudashew@mail.ru

Рукопись получена: 25.10.2023. Рукопись одобрена: 26.01.2024. Статья опубликована онлайн: 15.02.2024.

© Котельников Г.П., Кудашев Д.С., Зуев-Ратников С.Д., Шорин И.С., Асатрян В.Г., Князев А.А., 2024

BACKGROUND

Avascular necrosis of the femoral head (ANFH) is an orthopedic pathology with an unclear etiology, the pathogenesis of which lies in the disorder of microcirculation in the femoral head and neck with subsequent death of osteocytes and bone destruction. ANFH affects mainly males, predominantly young and middle-aged, belonging to the most able-bodied group of the population. Within a short period of time from its onset, the disease leads to a collapse of the femoral head, impaired biomechanics of the hip joint, and ultimately to the terminal osteoarthritis [1, 2, 3, 4].

It is worth noting that currently there is a sharp increase in the number of patients with ANFH, associated with the spread of the new COVID-19/long-COVID-19 infection and related to both the pathogenetic mechanisms of its course and the peculiarities of the drug therapy, including the systemic intake of high doses of glucocorticoids [5, 6].

Despite the developed and applied protocol of complex conservative treatment of this pathology, its results are not always satisfactory for patients and physicians. On the one hand, this is associated with the aggressive course of the disease, and on the other hand, with the high demands of patients to the functional state of the joint. That is why organ-preserving (joint-preserving) surgery, which allows not only to preserve the joint, but also to correct the main elements of the pathological processes of avascular osteonecrosis, becomes extremely important in the surgical treatment of patients of this category nowadays.

Among organ-preserving surgeries, combined operations including core decompression of the femoral head and subsequent replacement of the post-resection defect using one or another bone autografting technique are pathogenetically the most reasonable. Combination of these stages and use of autologous bone tissue as a plastic material not only ensures elimination

of pathological focus and reduction of intraosseous pressure in the femoral head area, but also creates conditions for bone tissue remodeling and revascularization in the affected area, restoration of the supporting function of the femoral head and prevention of its further collapse [7, 8, 9, 10, 11, 12]. A comparative evaluation of the results of open core decompression with bone autografting of the femoral head defect and closed intralesional resection of the femoral head with bone autografting is an essential problem, the solution of which will allow us to determine the optimal surgical treatment option.

Aim of the study – to make a comparative assessment of surgical treatment results of patients with early-stage avascular necrosis of the femoral head using different techniques of core decompression and autogenous bone grafting of the femoral head.

METHODS

To achieve the objective set in the paper, we performed a comparative analysis of the surgical treatment results of patients with early stages of avascular necrosis of the femoral head who underwent inpatient treatment in the trauma and orthopedic department of the Clinics of FSBEI HE Samara State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russia from 2019 to 2021, inclusive.

Study design

An unblinded randomized clinical trial was performed in parallel groups corresponding to the type of surgical treatment. The study design was developed in accordance with the CONSORT 2010 (CONsolidated Standards Of Reporting Trials) guidelines [13, 14].

The study included the analysis of the treatment results of 36 patients.

Inclusion criteria: gender – any; age – under 50 years old; verified ARCO (Association Research Circulation Osseous) stages II and IIIa ANFH [15]; unilateral nature of the lesion.

Exclusion criteria: verified stages IIIb and IV (according to ARCO) of ANFH; bilateral lesions; osteoarthritis of the hip joint; decompensated somatic pathology; pregnancy; alimentary-constitutional obesity above grade II (BMI > 39.9 kg/m²); verified systemic rheumatological pathology; history of proximal femur fractures.

All 36 patients met the aforementioned inclusion criteria and the results of their treatment could be followed up at all the periods according to the study design.

All patients were allocated by stratified randomization into two groups – control and main groups, corresponding to the method of surgical treatment. Stratification was performed by assigning patients to groups taking into account the following factors: gender, age, stage of avascular necrosis and duration of the disease. Stratified randomization of patients into groups is presented in Table 1.

The highlighted groups had no statistically significant differences in the abovementioned parameters.

In the control group (n = 19), the surgical treatment was performed via open decompression and autogenous bone grafting of the femoral head using the M.P. Rosenwasser's light bulb technique [16]. The surgery was performed as follows. An anterolateral approach

to the hip joint was made. The anterior wall of the joint capsule was cut in T-shape and fixed with traction sutures. The articular surface of the femoral head was visually assessed. Then, without dislocating the hip, a window was formed at the border of the hyaline cartilage of the femoral head under the control of intraoperative fluoroscopy. Osteonecrosis focus was excised via that window. The bone tissue was harvested in the area of the greater trochanter, which a free structural cancellous autograft of the required shape and size was formed from. At the final stage of operation, we performed autogenous grafting of the femoral head with the formed bone transplant, which was inserted according to the press-fit technique into the area of the postresection defect.

In some cases, when large bone grafts were used, they were additionally fixed with absorbable implants – ActivaPin™ pins (Bioretec Ltd.) (Fig. 1).

The main group (n = 17) included patients who underwent combined impaction autografting of the femoral head. This method was developed at the clinic and at the Department of Traumatology, Orthopaedics, and Extreme Surgery named after acad. RAS A.F. Krasnov of Samara State Medical University (Russian Federation patent for invention No. 2583577 dated 13.04.2016). The idea of the method is to perform the

Table 1

Stratified randomization of patients into groups

Parameter		Control group (n = 19)	Main group (n = 17)	p
Gender	Male	14 (73.7%)	13 (76.4%)	0.531
	Female	5 (26.3%)	4 (23.6%)	
Age, y.o.	18–29	5 (26.3%)	4 (23.6%)	0.668
	30–39	8 (42.1%)	9 (52.9%)	
	40–49	6 (31.6%)	4 (23.5%)	
Disease duration	<12 mos.	11 (57.9%)	8 (47.1%)	0.765
	12–24 mos.	8 (42.1%)	9 (52.9%)	
ANFH stage	II	11 (57.9%)	9 (52.9%)	0.566
	IIIa	8 (42.1%)	8 (47.1%)	

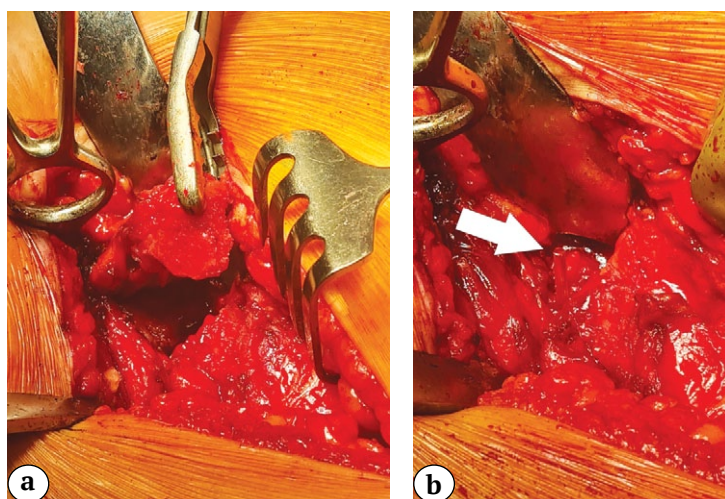


Fig. 1. Stage of the surgery – introduction and fixation of the bone autograft in the area of the postresection defect of the femoral head using bioabsorbable pins:
a – view of the bone autograft before insertion into the defect area;
b – view of the pin fixed in the surgical wound after its insertion (indicated by arrow)

minimally invasive intralesional resection of the femoral head and to use the bone tissue obtained during the formation of the canal to the osteonecrosis zone to replace the defect, and to perform muscle autoplasty with a gluteus medius muscle flap. This makes it possible to avoid additional damage to the bone tissue of the proximal femur (or iliac wing) associated with bone harvesting and to provide optimal conditions for remodeling processes in the area of transplantation.

The surgery was performed as follows. A linear skin incision and dissection of the underlying soft tissues were made to gain access to the region of the greater trochanter of the femur. Then, under fluoroscopy, a 6 mm hollow cutter was used to form a bone canal passing through the intertrochanteric

zone, neck and head of the femur directly to the lesion focus in the latter (Fig. 2).

The bone tissue removed from the hollow cutter was preserved, mechanically pulverized and used to form a bone autograft (Fig. 3).

To implement the next stage of surgical intervention, we used a surgical instrument developed by us – a cutter for intralesional bone tissue resection (Russian Federation patent for utility model No. 171951 dated 10.01.2017) (Fig. 4).

Using this instrument under intraoperative fluoroscopy, we performed the sequential resection of the femoral head in the area of the pathological focus, the extent of which was controlled by the angle of opening of the cutting blades (Fig. 5).

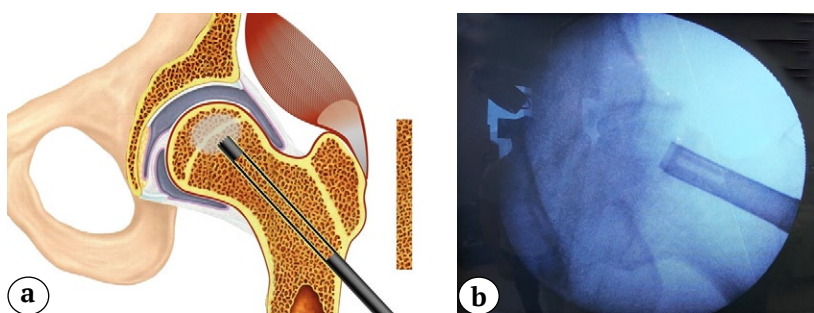


Fig. 2. Stage of the surgery – formation of a bone canal to the osteonecrosis focus in the femoral head:
a – scheme of the stage;
b – intraoperative fluoroscopy control of intraosseous canal being formed

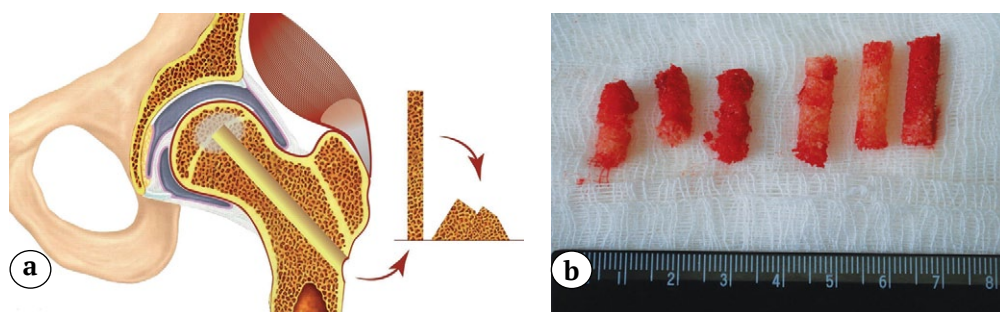


Fig. 3. Stage of the surgery – formation of the bone autograft:
a – scheme of the stage;
b – intraoperative view of the bone tissue obtained as a result of the canal formation



Fig. 4. Cutter for intralesional bone tissue resection with opened cutting blades (indicated by arrows)

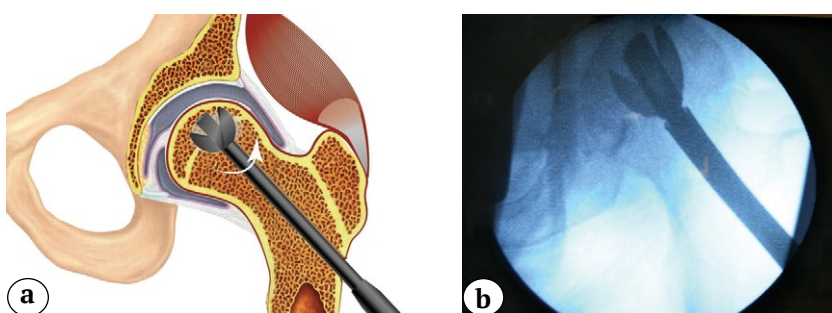


Fig. 5. Stage of the surgery – intralesional resection of the femoral head using the developed cutter:
a – scheme of the stage;
b – intraoperative fluoroscopy control image of the intralesional resection of the femoral head

After necrotic focus removal, we proceeded to the bone autografting stage – the earlier prepared bone autograft was implanted into the area of the femoral head bone defect (Fig. 6).

Then, the isolation of the gluteus medius muscle was performed via the same surgical approach. The fibers of the posterior portion of the muscle were used to form a 5-6 cm long and about 1.5 cm wide muscle flap with preservation of the attachment site to the greater trochanter (Fig. 7).

Myoplasty was performed as the final stage of operation: a muscle autograft was inserted

into the distal intraosseous canal of the intertrochanteric region and femoral neck with subsequent transosseous fixation (Fig. 8).

Postoperative management protocol was identical in both clinical groups. The operated lower limb was not immobilized; weight bearing was limited for 12 weeks from the day of surgery, and amplitude movements in the hip were allowed from the first day after surgery. The protocol of perioperative pharmacological therapy was the same for all patients in both groups.

Clinical and functional assessment of treatment results was performed using

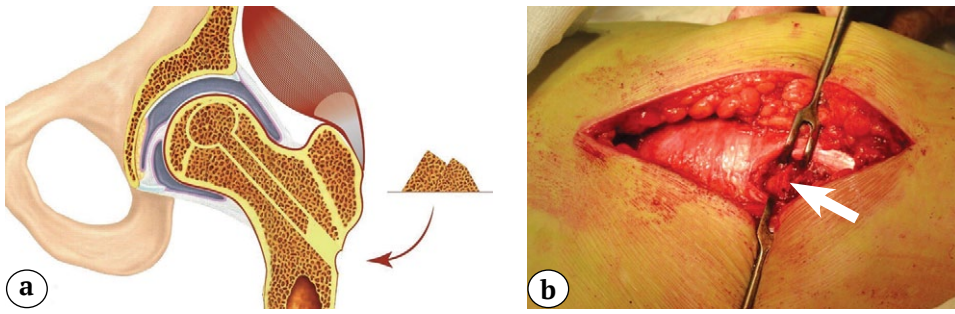


Fig. 6. Stage of the surgery – autogenous bone grafting of the postresection defect of the femoral head: a – scheme of the stage; b – intraoperative view of the impacted bone autograft in the canal (indicated by arrow)



Fig. 7. View of the muscle graft from the gluteus medius muscle in the surgical wound

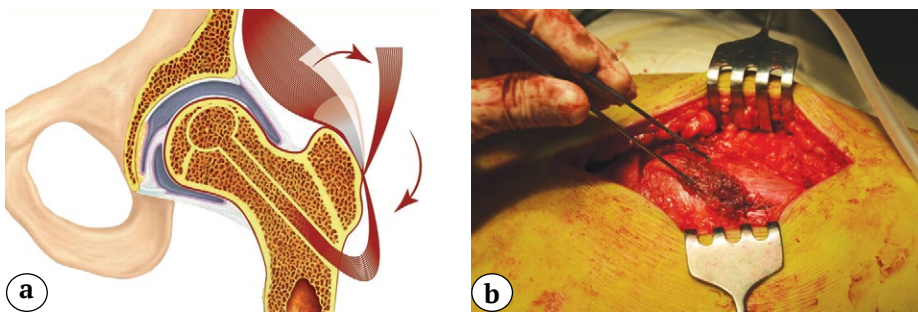


Fig. 8. Stage of the surgery – myoplasty of the distal region of the bone canal: a – scheme of the stage; b – view of the muscle autograft after its fixation at the bone canal entry zone

the Harris Hip Score (HHS) and the Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index (WOMAC) [17]. The assessment was performed before the surgery and at 3, 6, and 12 months after the surgery.

In addition, to analyze the dynamics of the pathological process in the area of the surgery and to objectify the assessment of structural changes of the femoral head in the operated hip, X-rays of the affected joint, CT-scan and MRI were performed in all patients at 6 and 12 months after surgery.

Statistical analysis

The results were compared between the groups using the nonparametric Mann-Whitney U test. Critical values for the level of statistical significance in testing the null hypothesis were taken as $p < 0.05$. Correspondence of data distribution to the normal distribution law was tested using the Shapiro-Wilk test. Quantitative data were described using median and quartiles and were presented as Me (Q1;Q3), minimum and maximum (min-max). Qualitative data

were described using absolute and relative frequencies. Statistical processing was performed using the IBM SPSS Statistics 25 PS software.

RESULTS

The values of the WOMAC and Harris Hip Score in patients of both groups at all follow-up periods are presented in Table 2.

Visualization of the dynamics of the WOMAC and Harris Hip Score in patients of control and main groups at all follow-up periods is presented in Figures 9 and 10, respectively.

The performed comparative analysis showed a statistically significant difference in clinical and functional results after surgical treatment in patients of control and main groups. At the same time, the patients of the main group demonstrated better results at all follow-up periods, but the most pronounced difference was observed at 6 months after surgery with further maintenance of this trend up to 12 months after surgery. We believe that this is due to two main factors: firstly, minimally traumatic surgical approach and closed surgery technique at all main stages of operation without damaging

Table 2

Values of the WOMAC and Harris Hip Score

Period	Scale	Control group					Main group					p
		min	Q1	Me	Q3	max	min	Q1	Me	Q3	max	
Before surgery	WOMAC	27.0	31.0	34.0	36.0	38.0	28.0	31.0	32.0	35.0	38.0	0.203
	Harris Hip Score	64.0	71.0	74.0	79.0	81.0	64.0	73.0	75.0	77.5	80.0	0.634
3 mos. after surgery	WOMAC	25.0	27.0	30.0	31.0	35.0	21.0	23.0	25.0	29.0	32.0	0.002
	Harris Hip Score	68.0	72.0	77.0	80.0	84.0	75.0	80.0	82.0	89.5	91.0	0.001
6 mos. after surgery	WOMAC	22.0	23.0	27.0	28.0	33.0	17.0	19.0	20.0	23.0	27.0	<0.001
	Harris Hip Score	69.0	74.0	79.0	82.0	85.0	79.0	84.5	88.0	91.0	95.0	<0.001
12 mos. after surgery	WOMAC	17.0	20.0	24.0	25.0	30.0	13.0	14.0	15.0	16.0	24.0	<0.001
	Harris Hip Score	71.0	75.0	81.0	84.0	86.0	85.0	89.0	90.0	91.0	92.0	<0.001

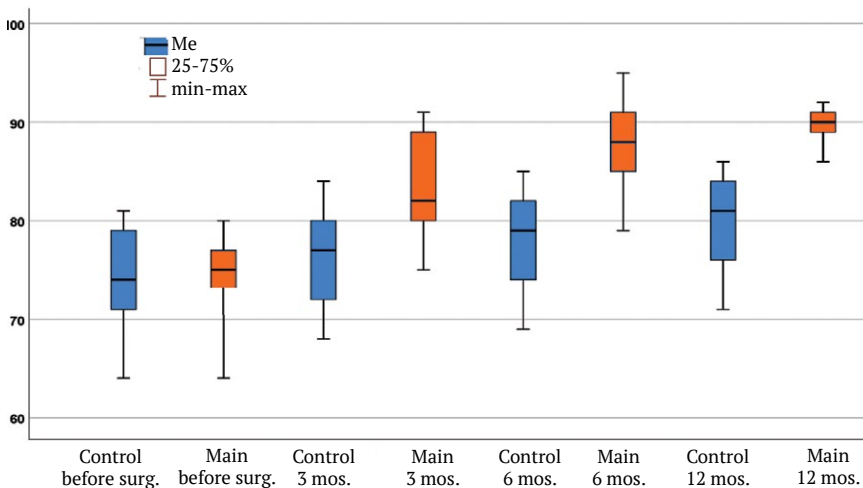


Fig. 9. Dynamics of the WOMAC scale values in patients of study groups

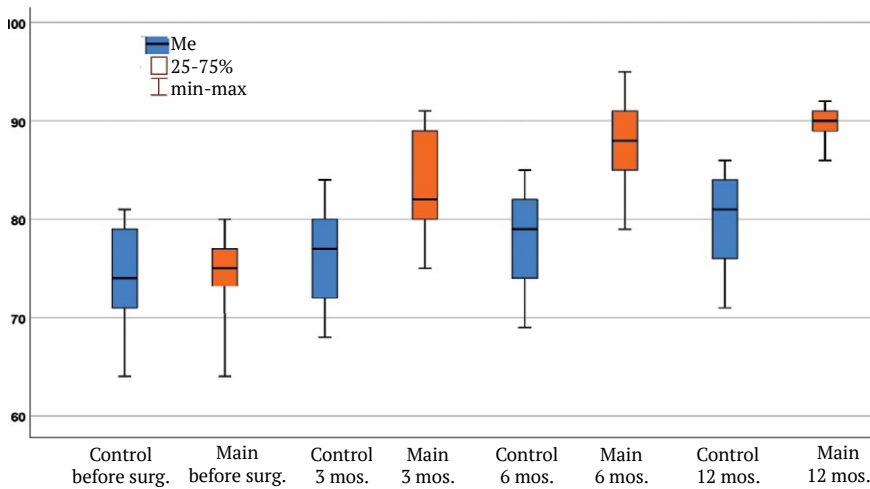


Fig. 10. Dynamics of the HHS questionnaire scores in patients of comparison groups

the peri- and intraarticular tissues of the hip joint; secondly, earlier mobilization of patients and shorter period of their rehabilitation.

When analyzing control X-rays of the hip joint in the AP view, macroscopically visualized changes in the bone structure of the femoral head were assessed, as well as the degree of progression of radiological signs of the destructive-dystrophic process. In 6 months after surgery, we observed the formation of a collapse of the femoral head in one patient of the main group and in three patients of the control group, while radiological signs of extrapolation of the pathological process to the entire joint by developing osteoarthritis were observed only in one patient of the control group.

In 12 months after surgical intervention, a collapse of the femoral head with the progression of stage IIIb ANFH without signs of osteoarthritis was noted in two patients of the control group; in two more patients of this group we observed further progression of the disease with the formation of terminal osteoarthritis of the hip joint. In the main group at this follow-up period, two patients experienced deterioration from stage IIIa to stage IIIb ANFH, but without intensifying of clinical signs in the affected joint.

The changes in CT scans were correlated with the results obtained by X-ray examination at the corresponding follow-

up periods. An important substrate of the pathological process, which we verified using CT, was the process of cystic foci formation in the femoral head, which is typical for the ANFH development and indicates its progression. These changes were absent in patients of both groups at 6 months. However, when analyzing the CT scans performed 12 months after operation, we observed an increase in the number of cyst-like lucencies in two patients of the control group, and in one of them the formation of destructive-dystrophic cysts was determined in the area of the acetabular roof.

A typical CT picture in patients of the main group included visualization of a bone canal in the metaepiphysis and bone autograft remodeling at a certain stage (Fig. 11).

Hip MRI was used to assess the severity of trabecular oedema with evaluation of the dynamics of its spread or regression, the size of the pathological focus, the degree of changes in the bone structure in the area of surgery, as well as the presence of synovitis and articular cartilage condition.

MRI evaluation 6 months after surgical intervention showed a similar picture in patients of both groups, which was obviously connected with the homogeneity of developing processes of bone autograft remodeling in the intervention area. However, when analyzing the MRI of the hip joint 12 months after operation, we

observed a marked increase in the spreading zone of bone marrow oedema of the femoral head, as well as the presence of persisting and pronounced perifocal oedema of the transplant area in 5 patients of the control group (Fig. 12).

In the main group, despite the persisting trabecular oedema, integration and pronounced remodeling of the bone autograft at the site of its impaction were observed (Fig. 13).



Fig. 11. CT scans of the hip joints 12 months after the closed combined autografting of the left femoral head: contours of the bone canal and completed remodeling of the femoral head autograft (indicated by arrows) with preservation of its anatomical shape are observed

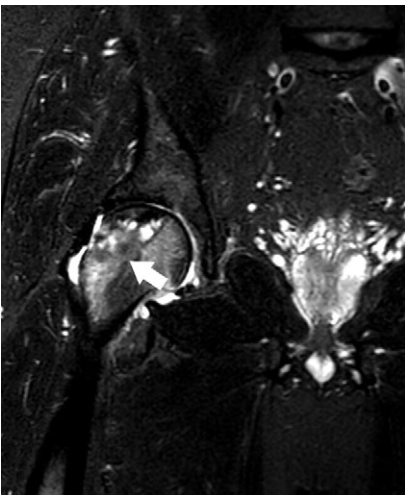


Fig. 12. MRI of the right hip joint 12 months after the core decompression using the light bulb technique: a pronounced trabecular oedema is observed in the area of grafting, spreading to the metaphyseal region (indicated by arrow)

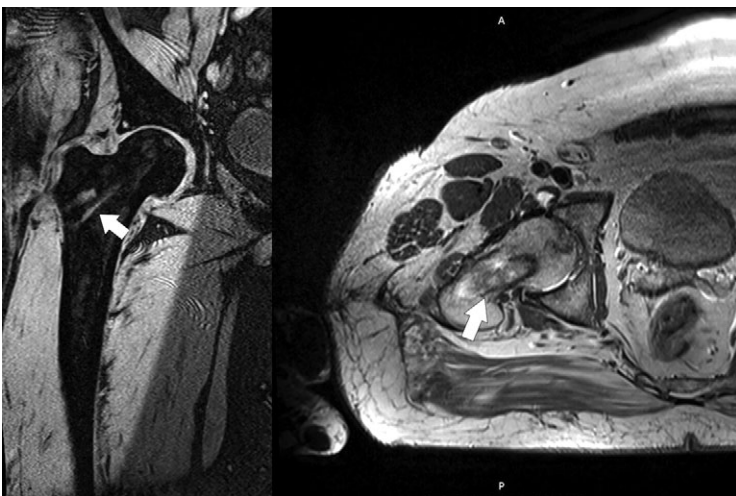


Fig. 13. MRI of the left hip joint 12 months after the closed combined autografting of the femoral head; no pathologic changes in the femoral head, moderate trabecular oedema in the area of the muscle autograft is observed (indicated by arrows)

DISCUSSION

Modern diagnostic methods, such as MRI and CT, make it possible to diagnose ANFH at early stages, which, in turn, enables to start treatment in time to prevent disease progression. However, the choice of treatment method at this stage is a difficult task [18, 19, 20]. The reason for this is that conservative treatment, started even at early stages, in a significant number of cases has an evanescent or indolent clinical effect, forcing soon either to change the treatment tactics or to immediately consider one or another variant of surgical correction [21, 22].

There are two main groups of surgical treatment options for ANFH: the first one includes organ-preserving operations with isolated core decompression of the femoral head, and combined operations including decompression and one-stage femoral head grafting; the second one includes total hip replacement [23, 24, 25, 26].

Total hip replacement in young patients with ANFH is essentially a desperate operation and should be considered as the last option for surgical treatment. In addition to certain functional limitations of the operated joint and risks of prosthesis-associated complications (dislocations, periprosthetic infection, periprosthetic fractures), total hip replacement performed in patients of this age group is associated with a high probability of revision hip replacement in future [1, 22, 27, 28].

Despite the fact that at present the variety of methods of surgical treatment of patients with precollapse stages of ANFH is actively expanding and is represented by a range of options from corrective osteotomies of the proximal femur to intraosseous injection of mesenchymal stem cells, filling of postresection bone defects with metal implants, etc., core decompression of the femoral head with autogenous bone grafting is the most reasonable from the pathogenetic point of view and predictable in terms of results of surgical treatment [29].

There is no agreement on the choice of surgical approach and implementation of the main stages of core decompression and bone grafting of the defect area. Some authors use open techniques to gain access to the lesion area by arthrotomy and subsequent fenestration of the femoral neck or femoral head itself; others favor exclusively closed minimally invasive techniques, which imply access to the lesion in the femoral head from the infratrochanteric region through the intertrochanteric zone and the femoral neck [30, 31, 32]. At the same time, it should be noted that the choice of surgical approach to the lesion focus in ANFH is an important issue, as it determines the possibility of fulfilment of such important stages of the surgery from the pathogenetic point of view, which, for example, is the muscle autoplasty.

Undoubtedly, one of the most important debatable problems is the choice of technique of implementation of the main stages of this surgery and it is still far from its final resolution. Open techniques (trapdoor and light bulb techniques) have not lost their relevance to date, and their proponents justify their choice by the possibility of exact topical verification of the lesion focus and precision bone autografting *ad oculus* [30, 33].

The proponents of closed methods fairly point out that the damage to the peri- and intraarticular tissues, including the joint capsule and hyaline cartilage, is the most important predictor of inevitable and active progression of destructive and dystrophic processes in the joint in the postoperative period and, consequently, negates the very possibility of obtaining positive long-term treatment results. On the other hand, closed techniques of core decompression require careful planning of the surgical intervention, constant intraoperative objective control of all steps of its implementation, and appropriate surgical instruments [34].

In our opinion, the solution to these problems might be the creation of a

treatment algorithm based on a standardized classification system for ANFH, which would ensure the accuracy of disease progression prognosis and, accordingly, justify the choice of appropriate surgical treatment methods. In addition, it is certainly necessary to conduct further studies, dedicated to comparative analysis of not only mid-term but also long-term results of surgical treatment of this category of patients.

Limitation of the study

Our study, like most similar papers, has a significant limitation in terms of the size of the observation groups, but the factors we have identified should be considered by professionals.

CONCLUSIONS

Comparative assessment of efficacy of the open core decompression with autogenous bone grafting of the femoral head defect using the light bulb technique and closed intralesional resection of necrosis focus with combined impaction grafting of the femoral head in patients with stage II and IIIa ANFH (according to ARCO) showed that the minimal damage to para- and intraarticular tissues when performing approach to the area of the pathological focus and the main stages of operation is a key factor enabling best clinical and functional results and creates optimal conditions for bone remodeling in the grafting area.

DISCLAIMERS

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Ethical review. The study was performed on the basis of ethical principles of the World Medical Association's Declaration of Helsinki (2013), «Good Clinical Practice in the Russian Federation» approved by the order of the Ministry of Health of the

Russian Federation from 19.06.2003 N 266, in compliance with the basics of the tripartite Agreement on Good Clinical Practice (ICH GCP).

The study was approved by the Bioethics Committee under Samara State Medical University (the protocol N 147, 12.11.2014).

Consent for publication. The authors obtained written consent from patients to participate in the study and publish the results.

REFERENCES

1. Kachanov D.A., Usov S.A., Vostrilov I.M., Zaletskaya A.A., Kalabagova M.M., Vedmed V.A. et al. Treatment options for aseptic necrosis of femoral head. *International Research Journal*. 2019;12(90):201-202. (In Russian). doi: 10.23670/IRJ.2019.90.12.042.
2. Panin M. A., Boiko A.V., Abakirov M.D., Petrosyan A.S., Ananin D.A., Awad M.M. Conservative treatment of avascular necrosis of the femoral head (literature review). *Genij Ortopedii*. 2022;28(2):274-281. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-2-274-281.
3. Cui Q., Jo W.L., Koo K.H., Cheng E.Y., Drescher W., Goodman S.B. et al. ARCO Consensus on the pathogenesis of non-traumatic osteonecrosis of the femoral head. *J Korean Med Sci*. 2021;36(10):e65. doi: 10.3346/jkms.2021.36.e65.
4. Panin M.A., Zagorodniy N.V., Karchebnyi N.N., Sadkov I.A., Petrosyan A.S., Zakirova A.R. Modern view on pathogenesis of non-traumatic osteonecrosis. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2017;24(2):69-75. (In Russian). doi: 10.17816/vto201724269-75.
5. Torgashin A.N., Rodionova S.S. Osteonecrosis in Patients Recovering from COVID-19: Mechanisms, Diagnosis, and Treatment at Early-Stage Disease (Review). *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2022;28(1):128-137. (In Russian). doi: 10.17816/2311-2905-1707.
6. Agarwala S.R., Vijayvargiya M., Pandey P. Avascular necrosis as a part of 'long COVID-19'. *BMJ Case Rep*. 2021;14(7):e242101. doi: 10.1136/bcr-2021-242101.
7. Konev V.A., Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Myasoedov A.A., Denisov A.O. Bioresorbable materials for bone defects substitution in patients with osteonecrosis of the femoral head. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2014;20(3):28-38. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-3-28-38.

8. Landgraeber S., Warwas S., Claßen T., Jäger M. Modifications to advanced core decompression for treatment of avascular necrosis of the femoral head. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18(1):479. doi: 10.1186/s12891-017-1811-y.
9. Hua K.C., Yang X.G., Feng J.T., Wang F., Yang L., Zhang H. et al. The efficacy and safety of core decompression for the treatment of femoral head necrosis: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res.* 2019;14(1):306. doi: 10.1186/s13018-019-1359-7.
10. Talmaç M.A., Kanar M., Sönmez M.M., Özdemir H.M., Dirvar F., Tenekecioğlu Y. The Results of Core Decompression treatment in avascular necrosis of the femoral head. *Sisli Etfal Hastan Tip Bul.* 2018;52(4):249-253. doi: 10.14744/SEMB.2018.47135.
11. Andronic O., Weiss O., Shoman H., Kriechling P., Khanduja V. What are the outcomes of core decompression without augmentation in patients with nontraumatic osteonecrosis of the femoral head? *Int Orthop.* 2021;45(3):605-613. doi: 10.1007/s00264-020-04790-9.
12. Tan Y., He H., Wan Z., Qin J., Wen Y., Pan Z. et al. Study on the outcome of patients with aseptic femoral head necrosis treated with percutaneous multiple small-diameter drilling core decompression: a retrospective cohort study based on magnetic resonance imaging and equivalent sphere model analysis. *J Orthop Surg Res.* 2020;15(1):264. doi: 10.1186/s13018-020-01786-4.
13. Sereda A.P., Andrianova M.A. Study Design Guidelines. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2019;25(3):165-184. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184.
14. Kisar' L.V., Ziganshin A.U., Ziganshina L.E. Assessment of presentation quality of the results of clinical trials in accordance with the standards of CONSORT. *Kazan Medical Journal.* 2019;100(3):469-475. (In Russian). doi: 10.17816/KMJ2019-469.
15. Koo K.H., Mont M.A., Cui Q., Hines J.T., Yoon B.H., Novicoff W.M. et al. The 2021 Association research circulation Osseous classification for early-stage osteonecrosis of the femoral head to computed tomography-based study. *J Arthroplasty.* 2022;37:1074-1082. doi: 10.1016/j.arth.2022.02.009.
16. Rosenwasser M.P., Garino J.P., Kiernan H.A., Michelsen C.B. Long term followup of thorough debridement and cancellous bone grafting of the femoral head for avascular necrosis. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;(306):17-27.
17. Bellamy N., Kirwan J., Boers M., Brooks P., Strand V., Tugwell P. et al. Recommendations for a core set of outcome measures for future phase III clinical trials in knee, hip, and hand osteoarthritis. Consensus development at OMERACT III. *J Rheumatol.* 1997;24(4):799-802.
18. Rempel D.P., Bryukhanov A.V., Dzhukhaev D.A., Romanyuk S.D. Specificity of multispiral computed tomography in the diagnosis of avascular necrosis of the femoral head. *Radiology – Practice.* 2021;(4):49-56. (In Russian). doi: 10.52560/2713-0118-2021-4-49-56.
19. Odarchenko D.I., Dzyuba G.G., Erofeev S.A., Kuznetsov N.K. Problems of diagnosis and treatment of aseptic necrosis of the femoral head in contemporary traumatology and orthopedics (literature review). *Genij Ortopedii.* 2021;27(2):270-276. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-2-270-276.
20. Arbab D., König D.P. Atraumatic femoral head necrosis in adults. *Dtsch Arztebl Int.* 2016; 113(3):31-38. doi: 10.3238/arztebl.2016.0031.
21. Zhao D.W., Yu M., Hu K., Wang W., Yang L., Wang B.J., et al. Prevalence of nontraumatic osteonecrosis of the femoral head and its associated risk factors in the Chinese population: results from a Nationally Representative Survey. *Chin Med J (Engl).* 2015;128(21):2843-2850. doi: 10.4103/0366-6999.168017.
22. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Myasoedov A.A., Irzhansky A.A. Comparison of different core decompression techniques for treatment of early stages of osteonecrosis of the femoral head. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2016;22(3):7-21. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2016-22-3-7-21.
23. Shiravani Brojeni S., Hesarikia H., Rahimnia A., Emami Meybodi M.K., Rahimnia A. Treatment of femoral head osteonecrosis (Stages 2B, 3 Ficat) through open direct core decompression by allograft impaction and light bulb technique. *Arch Bone Jt Surg.* 2020;8(5):613-619. doi: 10.22038/abjs.2020.49380.2452.
24. Mezhev A.N., Kazakov V.F., Kolbahova S.N. Modern organ-preserving methods in treatment of aseptic necrosis of the femoral head. *Journal of New Medical Technologies.* 2020;27(4):69-74. (In Russian). doi: 10.24411/1609-2163-2020-16724.
25. Bergh C., Fenstad A.M., Furnes O., Garellick G., Havelin L.I., Overgaard S. et al. Increased risk of revision in patients with non-traumatic femoral head necrosis. *Acta Orthop.* 2014;85(1):11-17. doi: 10.3109/17453674.2013.874927.

26. Torgashin A.N., Rodionova S.S., Shumsky A.A., Makarov M.A., Torgashina A.V., Akhtyamov I.F. et al. Treatment of aseptic necrosis of the femoral head. Clinical guidelines. *Rheumatology Science and Practice*. 2020;58(6):637-645. (In Russian). doi: 10.47360/1995-4484-2020-637-645.
27. Panin M.A., Zagorodniy N.V., Abakirov M.D., Boyko A.V., Ananyin D.A. Core decompression of the femoral head. Literature review. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2021;28(1):65-76. (In Russian). doi: 10.17816/vto59746.
28. Matveev R.P., Bragina S.V. Avascular necrosis of the femoral head (literature review). *Human Ecology*. 2018;25(3):58-64. (In Russian). doi: 10.33396/1728-0869-2018-3-58-64.
29. Atilla B., Bakırcıoğlu S., Shope A.J., Parvızı J. Joint-preserving procedures for osteonecrosis of the femoral head. *EFORT Open Rev*. 2020;4(12):647-658. doi: 10.1302/2058-5241.4.180073.
30. Yin H., Yuan Z., Wang D. Multiple drilling combined with simvastatin versus multiple drilling alone for the treatment of avascular osteonecrosis of the femoral head: 3-year follow-up study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016;17(1):344. doi: 10.1186/s12891-016-1199-0.
31. Pierce T.P., Jauregui J.J., Elmallah R.K., Lavernia C.J., Mont M.A., Nace J.A. Current review of core decompression in the treatment of osteonecrosis of the femoral head. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2015;8(3): 228-232. doi: 10.1007/s12178-015-9280-0.
32. Papanagiotou M., Malizos K.N., Vlychou M., Dailiana Z.H. Autologous (non-vascularised) fibular grafting with recombinant bone morphogenetic protein-7 for the treatment of femoral head osteonecrosis: preliminary report. *Bone Joint J*. 2014;96-B(1):31-35. doi: 10.1302/0301-620X.96B1.32773.
33. Moya-Angeler J., Gianakos A.L., Villa J.C., Ni A., Lane J.M. Current concepts on osteonecrosis of the femoral head. *World J Orthop*. 2015;6(8):590-601. doi: 10.5312/wjo.v6.i8.590.
34. Calori G.M., Mazza E., Colombo A., Mazzola S., Colombo M. Core decompression and biotechnologies in the treatment of avascular necrosis of the femoral head. *EFORT Open Rev*. 2017;2(2):41-50. doi: 10.1302/2058-5241.2.150006.

Authors' information

✉ *Dmitry S. Kudashev* — Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor

Address: 89, Chapaevskaya st., Samara, 443099, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-8002-7294>

e-mail: dmitrykudashew@mail.ru

Gennadiy P. Kotelnikov — Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://orcid.org/0000-0001-7456-6160>

e-mail: g.p.kotelnikov@samsmu.ru

Sergey D. Zuev-Ratnikov — Cand. Sci. (Med.),

Assistant Professor

<https://orcid.org/0000-0001-6471-123X>

e-mail: stenocardia@mail.ru

Ivan S. Shorin — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0001-5379-5044>

e-mail: vrachmed@mail.ru

Vardan G. Asatryan

<https://orcid.org/0009-0009-1751-700X>

e-mail: vandamsmail@gmail.com

Andrey A. Knyazev

<https://orcid.org/0009-0009-6131-0399>

e-mail: a.a.knyazev@samsmu.ru

Twelve-Year Dynamics of Leading Pathogens Spectrum Causing Orthopedic Infection: A Retrospective Study

Alina R. Kasimova^{1,2}, Olga S. Tufanova¹, Ekaterina M. Gordina¹, Anton N. Gvozdetsky³, Ksenia S. Radaeva², Anna N. Rukina¹, Svetlana A. Bozhkova¹, Rashid M. Tikhilov¹

¹ Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

² Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia

³ Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russia

Abstract

Background. The number of surgeries on the musculoskeletal system is increasing every year. Along with the increasing access to orthopedic care, the number of patients with orthopedic infection, the etiological agents of which can be from various taxonomic groups, is also increasing. *Staphylococcus aureus* and different types of coagulase-negative staphylococci (CoNS), including *S. epidermidis* and *S. lugdunensis*, together are the causative agents in 70% of cases.

Aim of the study – to analyze the dynamics of the leading pathogens spectrum isolated from patients of the septic surgery department for the period from 2011 to 2022.

Methods. We performed a retrospective analysis of the microbial spectrum isolated from patients who were treated in the septic surgery department from January 1, 2011 to December 31, 2022. The leading pathogens were microorganisms whose share in the spectrum exceeded 3.5%. Of all the isolated pathogens, 48.8% were the only etiological agents, and microbial associations were detected in 51.2% of the isolated pathogens.

Results. A total of 10,327 bacteria strains were identified over the 12-year period. The leading microorganisms causing orthopedic infection were *Staphylococcus* spp., *Enterococcus* spp., *Propionibacterium* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Corynebacterium* spp., *Streptococcus* spp., *Klebsiella* spp. and *Acinetobacter* spp. In the dynamics of isolated pathogens during the analyzed period, several trends were determined: a decrease in the shares of *S. aureus*, *Enterococcus* spp., *P. aeruginosa*, *Acinetobacter* spp. and an increase in the shares of CoNS and *Corynebacterium* spp.

Conclusion. During 12 years, in the microbial spectrum of orthopedic infection in the patients of the septic surgery department of our Center, Gram-positive bacteria (in the majority representatives of the genus *Staphylococcus*) prevailed. At the same time, a significant decrease in the share of *S. aureus* strains and an increase in the frequency of isolation of various species of CoNS were registered. A significant decrease in the number of non-fermenting Gram-negative bacteria was also revealed.

Keywords: orthopedic infection, *Staphylococcus aureus*, microbial spectrum, periprosthetic infection, osteomyelitis.

Cite as: Kasimova A.R., Tufanova O.S., Gordina E.M., Gvozdetsky A.N., Radaeva K.S., Rukina A.N., Bozhkova S.A., Tikhilov R.M. Twelve-Year Dynamics of Leading Pathogens Spectrum Causing Orthopedic Infections: A Retrospective Study. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2024;30(1):66-75. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-16720>.

✉ Kasimova Alina Rashidovna; e-mail: kasi-alina@yandex.ru

Submitted: 03.10.2023. Accepted: 26.12.2023. Published Online: 15.02.2023.

© Kasimova A.R., Tufanova O.S., Gordina E.M., Gvozdetsky A.N., Radaeva K.S., Rukina A.N., Bozhkova S.A., Tikhilov R.M., 2024

Двенадцатилетняя динамика спектра ведущих возбудителей ортопедической инфекции: ретроспективное исследование

А.Р. Касимова^{1,2}, О.С. Туфанова¹, Е.М. Гордина¹, А.Н. Гвоздецкий³, К.С. Радаева²,
А.Н. Рукина¹, С.А. Божкова¹, Р.М. Тихилов¹

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

³ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Актуальность. Количество хирургических вмешательств на опорно-двигательном аппарате возрастает с каждым годом. Одновременно с ростом доступности ортопедической помощи увеличивается и количество пациентов с ортопедической инфекцией, этиологическими агентами которой могут быть представители различных таксономических групп. *Staphylococcus aureus* и различные виды коагулазонегативных стафилококков (CoNS), включая *S. epidermidis* и *S. lugdunensis*, в совокупности являются возбудителями в 70% случаев.


Цель исследования — проанализировать динамику спектра ведущих патогенов, выделенных от пациентов отделения гнойной остеологии, за период с 2011 по 2022 г.


Материал и методы. Выполнен ретроспективный анализ спектра микроорганизмов, изолированных от пациентов, находившихся на лечении в отделении гнойной хирургии с 1 января 2011 г. по 31 декабря 2022 г. К ведущим возбудителям относили микроорганизмы, доля которых в спектре превышала 3,5%. Из выделенных возбудителей 48,8% были единственными этиологическими агентами, в 51,2% определяли наличие микробных ассоциаций.

Результаты. За 12-летний период идентифицировано 10 327 штаммов различных видов бактерий. Ведущими микроорганизмами, выделенными от пациентов с ортопедической инфекцией, были *Staphylococcus* spp., *Enterococcus* spp., *Propionibacterium* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Corynebacterium* spp., *Streptococcus* spp., *Klebsiella* spp. и *Acinetobacter* spp. В динамике выделенных возбудителей за анализируемый период определено несколько трендов: сокращение долей *S. aureus*, *Enterococcus* spp., *P. aeruginosa*, *Acinetobacter* spp. и увеличение доли CoNS и *Corynebacterium* spp.

Заключение. Выполненное исследование показало, что в течение 12 лет в спектре возбудителей ортопедической инфекции у пациентов отделения гнойной хирургии нашего Центра основными были грамположительные бактерии, в большинстве представители рода *Staphylococcus*. При этом регистрировали значимое снижение доли штаммов *S. aureus* и рост частоты выделения различных видов CoNS. Также выявлено значимое снижение количества неферментирующих грамотрицательных бактерий.

Ключевые слова: ортопедическая инфекция, *Staphylococcus aureus*, спектр возбудителей, перипротезная инфекция, остеомиелит.

 **Для цитирования:** Касимова А.Р., Туфанова О.С., Гордина Е.М., Гвоздецкий А.Н., Радаева К.С., Рукина А.Н., Божкова С.А., Тихилов Р.М. Двенадцатилетняя динамика спектра ведущих возбудителей ортопедической инфекции: ретроспективное исследование. *Травматология и ортопедия России*. 2024;30(1):66-75. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-16720>.

 Касимова Алина Рашидовна; e-mail: kasi-alina@yandex.ru

Рукопись получена: 03.10.2023. Рукопись одобрена: 26.12.2023. Статья опубликована онлайн: 15.02.2023.

© Касимова А.Р., Туфанова О.С., Гордина Е.М., Гвоздецкий А.Н., Радаева К.С., Рукина А.Н., Божкова С.А., Тихилов Р.М., 2024

BACKGROUND

Nowadays, the frequency of primary and revision orthopedic interventions is increasing due to population aging and will keep on increasing in future. Infection control and adequate pathogen-specific therapy are particularly important in orthopedic surgery because of extensive operations, risks associated with implant placement, severe consequences for a patient and healthcare system if an orthopedic infection develops, which requires additional surgeries in the vast majority of cases.

Orthopedic infection includes both processes affecting the native musculoskeletal system (osteomyelitis, arthritis) and those associated with hardware installation. Risk of infection increases with hardware implantation. According to the literature, the incidence of implant-associated infection ranges from 2.5% after primary arthroplasties to 20% after revision surgeries, and the mortality rate for this complication reaches 2.5% [1]. In case of revision surgery for an existing infection, relapses develop in 25-67% of cases and are largely determined by the type of infectious agent [2]. In 2020, J. Akindolire et al. showed that infectious complications in total hip arthroplasty increase the cost of treatment fivefold compared to primary uncomplicated hip replacement [3].

Representatives of various taxonomic groups can be etiological agents in the development of orthopedic infection [4]. *Staphylococcus aureus* and various species of coagulase-negative staphylococci (CoNS), including *S. epidermidis* and *S. lugdunensis*, together are the causative agents in 70% of cases [5]. In addition, their antibiotic resistance remains a major problem for clinicians. In turn, *Cutibacterium acnes* is the most common biofilm-forming pathogen of upper extremity infections leading to osteomyelitis. *C. acnes* was isolated in 5% of periprosthetic joint infection (PJI) cases of the lower extremities and in more than 50% of shoulder PJI cases [6, 7].

Even though the most common causative agents of infection of bones and joints, including those associated with orthopedic implants, are staphylococci, involvement of Gram-negative pathogens such as *Klebsiella pneumoniae* and *Pseudomonas aeruginosa* in the etiology is a prognostically unfavourable sign [8]. This is caused

by an extremely low efficacy of treatment of orthopedic infection caused by *K. pneumoniae* and *P. aeruginosa*, which, as a rule, are characterized by high antibiotic resistance [9]. Various mechanisms of resistance to beta-lactams and fluoroquinolones make it impossible to prescribe prolonged etiotropic antibiotic therapy, which is a standard treatment for bone and joint infection due to the lack of other oral drugs active against Gram-negative pathogens.

In addition to the "classical", most frequently detected pathogens, the spectrum of etiological agents of orthopedic infection is currently expanding with the development of bacteriologic identification methods. Moreover, according to various studies, in 6-46% of PJI cases, several microorganisms are isolated from a single patient's biomaterial [10, 11]. *S. aureus* is the most frequently registered in case of polymicrobial etiology of osteomyelitis, while coinfecting bacteria can be both opportunistic and obligate pathogens. Contamination from the skin most often occurs by various CoNS, in case of ingress from the environment: *S. aureus*, *E. coli*, *Enterobacter* spp., *P. aeruginosa*, *A. baumannii* and *Enterococcus* spp. and others [5]. Polymicrobial infections are often associated with more unfavourable outcomes and characterized by greater severity of disease [12], which can be explained by microbial synergism that provides resistance of different bacterial species to adverse factors – antibiotics, antiseptics, immune cells, etc.

Aim of the study – to analyze the dynamics of the leading pathogens spectrum isolated from the patients of the septic surgery department for the period from 2011 to 2022.

METHODS

Study design

Type of the study: retrospective, single-center, observational.

We analyzed the spectrum of microorganisms isolated from more than 6,000 patients treated in the septic surgery department of the Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics (hereinafter referred to as the Center) from January 1, 2011 to December 31, 2022. The leading pathogens were considered to be microorganisms, whose share in the spectrum exceeded 3.5%.

Microbiological examination of biomaterials was performed in accordance with international standards (Standards for microbiology investigations — UK SMI). Tissue and bone biopsy samples, synovial fluid, wound and fistula discharge, hematomas, as well as removed hardware were used for the study. Positive microbial growth was obtained in 66.9% of analyzed samples. Bacterial identification until 2021 was performed on Microtest panels (Erba Lachema) using iEMS Reader MF (Labsystems, Finland), from 2021 — by MALDI-TOF-MS (Matrix Assisted Laser Desorption Ionization Time of Flight Mass-Spectrometry) using FlexControl system and MBT Compass 4.1. software (Bruker Daltonics, Germany), Score ≥ 2.0 . The sensitivity of staphylococci to ceftazidime was studied according to EUCAST (v.1-12) (2011-2022).

Epidemiological analysis of the study results was performed using the Microbiological Monitoring System 'Microb-2' (MedProject-3, 2002-2020) software and the Across-Engineering (2021-2022) laboratory information system. Comparative analysis of the changes in the microbial spectrum was carried out for two-year periods: 2011-2012, 2013-2014, 2015-2016, 2017-2018, 2019-2020 and 2021-2022.

Statistical analysis

The obtained data were recorded in the form of spreadsheets and analyzed using MS Office Excel, 2007. Absolute values (n) and shares (%) were used to describe the data. The trend hypothesis for categorical data was tested using the Cochran-Armitage test for trend with a multinomial outcome. Correction for multiple hypotheses testing was made by the Holm-Sheffer correction. Linear trend for time series was estimated by the bootstrap version of t-test for time series (Bootstrap-Based Tests for Trends in Hydrological Time Series). The null hypothesis was rejected at $p < 0.05$. The calculations were performed using the R 4.2.3 programming language.

RESULTS AND DISCUSSION

A total of 10,327 strains of various bacterial species were identified from 7,323 patients over the studied 12-year period. The leading microorganisms isolated from the patients with orthopedic infections were *Staphylococcus* spp., *Enterococcus* spp., *Propionibacterium* spp.,

Pseudomonas aeruginosa, *Corynebacterium* spp., *Streptococcus* spp., *Klebsiella* spp. and *Acinetobacter* spp. (Table 1). The share of these pathogens in the microbial spectrum amounted to 88.2% (n = 9,108). Microorganisms of other taxonomic groups, the so-called rare pathogens of orthopedic infection, were identified in 11.8% of cases. At the admission to the septic surgery department of the Center, the chronic course of the infectious process is diagnosed in the vast majority of patients, of whom about 75% are non-resident, which allows us to extrapolate the results obtained to the entire population of relevant patients in the country.

Table 1
Leading pathogens of orthopedic infection isolated from 2011 to 2022

Microorganism	n	%
<i>S. aureus</i>	3.272	31.33
<i>S. epidermidis</i>	1.950	18.67
CoNS, except <i>S. epidermidis</i>	605	5.79
<i>Enterococcus</i> spp.	579	5.54
<i>Propionibacterium</i> spp.	515	4.93
<i>P. aeruginosa</i>	499	4.78
<i>Corynebacterium striatum</i>	467	4.47
<i>Streptococcus</i> spp.	435	4.17
<i>Klebsiella</i> spp.	405	3.88
<i>Acinetobacter</i> spp.	381	3.65
Others	1.219	11.80

The microbial spectrum of orthopedic infection pathogens remained stable throughout the analyzed period. Among all isolated pathogens, 77.5% were Gram-positive bacteria, 21.6% were the Gram-negative ones. The share of strict anaerobic bacteria was 5%.

Out of 10,327 strains isolated, 48.8% (n = 5,043) were the only etiologic agents, and in 51.2% of cases (n = 5,284) the presence of microbial associations was determined. The share of associations of two strains of different bacterial species was 32.7% (n = 3376), three strains — 13.4% (n = 1,388), four strains — 5.0% (n = 520).

According to scientific reports, these values vary greatly. For example, S. Sebastian et al. showed that only 8.3% of 106 cases of PJI were caused by several pathogens [13]. In a single-center study by Chinese authors during 5 years of follow-up, simultaneous isolation of two or more microorganisms of different species was reported in 28.3% of cases [14]. Other studies with different previous treatment reported 34% [15] and 46.6% [11] of cases of polymicrobial etiology of orthopedic infection. In general, there is a trend towards an increase in the frequency of polymicrobial infection in observational studies. This may be related both to the true increase in the number of polymicrobial associations and to the changing methods of microorganism identification due to the introduction of modern equipment in diagnostic laboratories and the development of new progressive diagnostic methods. Also, most researchers have noted a direct correlation between the number of previous surgical interventions and the risk of polymicrobial infection [14, 15].

Several trends were determined in the dynamics of isolated pathogens during the analyzed period: a decrease in the shares of *S. aureus*, *Enterococcus* spp., *P. aeruginosa*, *Acinetobacter* spp. and an increase in CoNS and *Corynebacterium* spp. (Table 2).

The main trends identified coincide with the global data. In the majority of studies analyzing the microbial spectrum of orthopedic infection,

Gram-positive bacteria take the leading place, their share varying from 65 to 77% [14, 15, 16]. However, there are scientific publications that show the leading role of Gram-negative bacteria. For instance, S. Sebastian et al. report that, contrary to the existing opinion on the prevalence of Gram-positive bacteria in the etiology of implant-associated infection, they more often isolated Gram-negative bacteria (in 61% of cases) in their center.

Interregional differences in the leading pathogens may be due to different clinical approaches to the diagnosis of orthopedic infection, technical resources of local diagnostic centers, and methods used to identify the pathogen and the microbial spectrum circulating in the region. In addition, long periods from the infection onset to the patient's admission to the hospital for a complex treatment and attempts of conservative treatment with antibiotics without surgical sanitation of the infection site play a significant role.

In our Center, *S. aureus* remained in the first place by the frequency of isolation during 12 years of observation. However, a stable decrease in its share in the overall spectrum was noted from 41.1 to 29.4% during 10 years of observation (up to and including 2020), including methicillin-resistant strains. In 2021-2022, an increase in *S. aureus* to 33.6% was recorded again. The general trend over 12 years of observation can be characterized as a decrease (see Table 2).

Table 2

Main trends in the spectrum of orthopedic infection pathogens from 2011 to 2022

Microorganism	2011–2012 (n = 1074)	2013–2014 (n = 1556)	2015–2016 (n = 1420)	2017–2018 (n = 1398)	2019–2020 (n = 1365)	2021–2022 (n = 3514)	Trend	p
<i>S. aureus</i>	41.1%	32.1%	27.4%	28.9%	29.4%	33.6%	Decrease	0.066
MSSA/MRSA ratio	3.49	3.41	3.89	5.16	4.35	5.72	Increase	0.010
<i>Enterococcus</i> spp.	8.2%	5.9%	6.6%	6.8%	5.9%	4.5%	Decrease	0.002
CoNS (except <i>S. epidermidis</i>)	2.2%	4.1%	5.5%	3.5%	4.2%	12.1%	Increase	0.001
<i>P. aeruginosa</i>	5.2%	6.2%	4.9%	4.2%	5.2%	3.8%	Decrease	0.040
<i>Corynebacterium</i> spp.	3.9%	4.0%	4.5%	4.0%	5.5%	5.0%	Increase	0.275
<i>Acinetobacter</i> spp.	5.8%	3.3%	3.6%	3.5%	4.0%	2.8%	Decrease	0.033

Statistically significant values are highlighted in bold font.

The key importance of *S. aureus* as a causative agent of orthopedic infection has also been shown in other studies from different medical centers. A retrospective analysis of the PJI microbial spectrum performed at the Center for Medical Care in Germany from 2012 to 2016 showed that *S. aureus* was isolated from patients with PJI in 26.6% [17]. According to the data of S. Sebastian et al., *S. aureus* was also the leading causative agent of orthopedic infection (19.5%), despite the predominance of Gram-negative pathogens in the spectrum [13].

Against the background of a decrease in the overall frequency of *S. aureus* isolation, a change in its sensitivity to methicillin was observed. When comparing the frequency of isolation of methicillin-sensitive (MSSA) and methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA) strains, a significant decrease in the share of MRSA (from 22 to 15%) and an increase in the share of MSSA (from 78 to 85%) were registered ($p = 0.01$) (Fig. 1). The MSSA/MRSA ratio ranged from 3.49 to 5.72 throughout the whole follow-up period.

It is difficult to determine whether this reduction in the share of methicillin-resistant strains in the structure of *S. aureus* is a worldwide trend. It is known that there are territorial differences in the sensitivity of *S. aureus*. For example, a review of 12 studies demonstrates that the prevalence of MRSA in Nigeria increased from 18.3% in 2009 to 42.3% in 2013. However, even within the same country, different trends were highlighted: there was a decrease in MRSA

prevalence in the north-east (from 12.5 to 8.0%) and an increase in the south-west (from 20.2 to 47.4%) between 2006 and 2010 [18]. The researchers from Sudan and Nepal provide similar data on the increase in the number of patients with MRSA infections [19, 20].

Even though CoNS are less virulent than *S. aureus*, the number of sequenced types of CoNS is constantly increasing, along with the number of virulence factors detected in these cultures. In addition, the presence of antibiotic resistance genes in CoNS leads to difficulties in treating infections caused by them in accordance with generally accepted therapeutic strategies [21]. Currently, different CoNS (especially *S. epidermidis*, *S. haemolyticus*, and *S. lugdunensis*) are becoming increasingly important in the etiology of infection in patients after insertion of various constructs [21]. In the study by T. Winkler et al., the leading pathogens in PJI were coagulazonegative *staphylococci* (30-43%), followed by *S. aureus* (12-23%) [22].

The frequency of isolation of different CoNS during the analyzed period in our study had an undulating dynamics. Methicillin-resistant *S. epidermidis* (10.6-13.1%) predominated in the overall CoNS structure, methicillin-sensitive *S. epidermidis* was in the second place (6.8-8.3%), other CoNS accounted for 2.2 to 5.4% and were often not identified to species due to the complexity of biochemical differentiation. The proportion of *S. epidermidis* among all the pathogens remained stable throughout

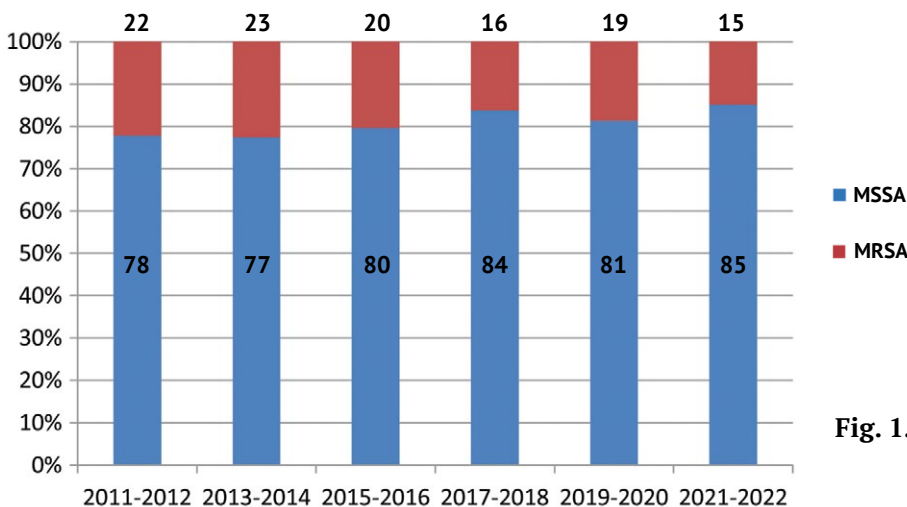


Fig. 1. Ratio of MSSA/MRSA isolation

the analyzed period ($p>0.999$). The MSSE/MRSE ratio showed a decrease during the 10 years of follow-up (2011-2020), indicating predominance of methicillin-resistant strains. The total proportion of *S. epidermidis* was decreasing due to methicillin-resistant strains (Fig. 2).

Expansion of the species spectrum of CoNS isolated from the patients with orthopedic infection in 2021-2022 is noteworthy. Introduction of the new MALDI-TOF-MS method of microorganism identification into practice allowed to perform microbiological diagnosis of orthopedic infection with greater accuracy and speed, so that the strains previously registered as *S. epidermidis* were classified also as other CoNS (*S. haemolyticus*, *S. hominis*, *S. lugdunensis*, *S. pettenkoferi*, *S. piscifermentans*, etc.). The share of MRSE in the total decreased to 9.2%, while the share of other CoNS increased sharply to 12.1% ($p<0.001$). A slight decrease in the frequency of *S. epidermidis* isolation was also observed in 2021-2022.

The heterogeneous genetic structure of CoNS has been confirmed in the studies showing that phenotypically identical isolates can be identified as different species [23]. Larger systematic studies are needed to understand the clinical significance of these findings. The prevalence of methicillin-resistant strains over methicillin-sensitive CoNS over the years is also a common phenomenon [24, 25]. According to our data, the share of methicillin-resistant strains was increasing until 2020, and from 2021 an increasing share of MSSE has been observed (see Fig. 2).

The share of other Gram-positive bacteria

in the overall microbial spectrum amounted to 19.1%. The dynamics of *Streptococcus* spp. isolation did not have a linear trend ($p>0.999$) throughout the 12-year observation. Until 2018, an increase in the share from 2.0 to 5.5% was determined, followed by a pronounced decrease to 3.68%. In the dynamics of other Gram-positive pathogens, a decrease in the share of *Enterococcus* spp. from 8.2 to 4.5% ($p = 0.002$) and a tendency to increase in the share of *Corynebacterium* spp. from 3.9 to 5.0% ($p = 0.275$) were noted.

The leading pathogens from the genus *Enterococcus* included only *E. faecalis*. From 2011 to 2016, a decrease in the number of *E. faecalis* was registered, and the opposite trend has been observed starting from 2017.

Comparing our results with the data from other studies on the changing trends in the etiology of orthopedic infection, we can affirm that over the past 20 years, the decrease in the frequency of isolation of Gram-positive pathogens has been a general trend. In a Spanish study based on a 10-year follow-up (from 2003 to 2012) in 19 centers, it was observed that different *Staphylococcus* spp. continue to be the most common cause of infection (65.2%). However, a significant linear upward trend in the registration of Gram-negative pathogens was shown, mainly due to their increased isolation in the last 2 years of the study (25% in 2003-2004, 33.3% in 2011-2012; $p = 0.024$ for trend). Though, no specific species contributed disproportionately to the overall increase in share [26].

In our Center, the spectrum of leading Gram-negative pathogens remained almost unchanged from 2011 to 2020 and ranged from 11.9 to 13.5% of the total number of identified bacteria, but

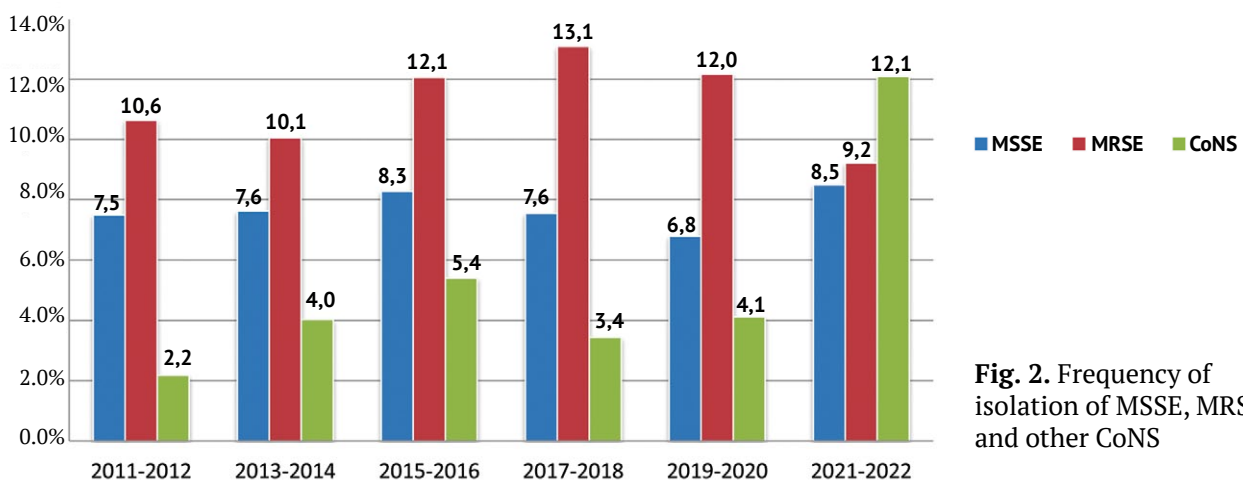


Fig. 2. Frequency of isolation of MSSE, MRSE and other CoNS

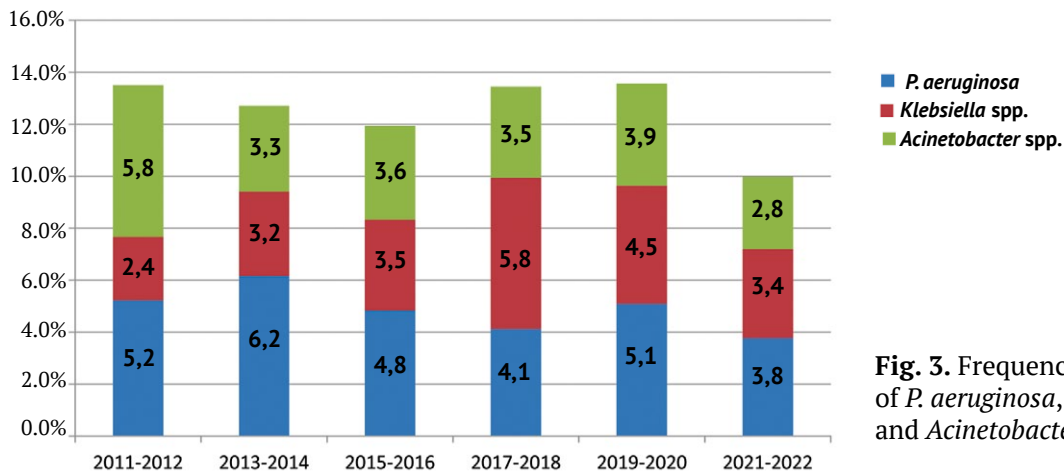


Fig. 3. Frequency of isolation of *P. aeruginosa*, *Klebsiella* spp. and *Acinetobacter* spp.

in 2021-2022, a decrease in the frequency of isolation of Gram-negative cultures to 9.9% was noted. Of these, the leading causative agents of orthopedic infection were *P. aeruginosa*, *Klebsiella* spp. and *Acinetobacter* spp. (Fig. 3).

During the 12-year observation period, a statistically significant decrease in the frequency of isolation of *P. aeruginosa* from 5.23 to 3.76% ($p = 0.040$) was registered, while in 2013-2014 and 2019-2020, an increase in the number of representatives of this species was recorded. The maximum number of *Acinetobacter* spp. was identified in the period 2011-2012 (5.84%), and further a significant decrease in the proportion of *Acinetobacter* spp. was observed up to 2.79% in 2021-2022 ($p = 0.033$). The dynamics of *Klebsiella* spp. isolation in the microbial spectrum of orthopedic infection was described by two linear trends. Thus, from 2011 to 2018, a stable increase in the frequency of isolation of bacteria of this genus was determined ($p < 0.01$), and starting from 2019, the trend changed to a decrease. At the same time, there were no significant changes in the end-to-end trend analysis over 12 years of observation ($p > 0.99$).

Limitations

During the analysis we did not distinguish between the localization of the infectious process (joints, soft tissues), type of infection, clinical diagnosis, type of performed treatment and etiological significance of the isolated pathogen, which may serve as a limitation of this study.

Perspectives

Due to the impossibility to present all the data of local monitoring for 12 years in one article,

our further publications will be devoted to the analysis of antibiotic sensitivity dynamics of the leading pathogens of orthopedic infection and recommendations on the choice of antimicrobial agents.

CONCLUSIONS

The study showed that during 12 years the spectrum of the leading pathogens of orthopedic infection in the patients of the septic surgery department of our Center was dominated by Gram-positive bacteria, mostly belonging to the genus *Staphylococcus*. At the same time, a significant decrease in the share of *S. aureus* strains and an increase in the frequency of isolation of various CoNS were registered. A significant decrease in the number of non-fermenting Gram-negative bacteria was also detected. However, even though the authors of a number of published papers note an increase in the share of Gram-negative pathogens in orthopedics, a slight decrease in the frequency of isolation of these pathogens was noted in our study.

Currently, the identification of the etiologic agent remains a priority in the treatment of patients with infection of the musculoskeletal system. The choice of not only drugs for etiotropic antimicrobial therapy, but also surgical treatment tactics often requires an established microbiologic diagnosis with determination of antibiotic sensitivity of bacteria.

DISCLAIMERS

Author contribution

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects

of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

REFERENCES

- Samelis P., Papagrigorakis E., Sameli E., Mavrogenis A., Savvidou O., Koulouvaris P. Current concepts on the application, pharmacokinetics and complications of antibiotic-loaded cement spacers in the treatment of prosthetic joint infections. *Cureus*. 2022;14(1):e20968. doi: 10.7759/cureus.20968.
- SIRIS Report 2019. Annual Report of the Swiss National Joint Registry, Hip and Knee, 2012–2018. November 2019. doi: 10.13140/RG.2.2.15632.56323.
- Akindolire J., Morcos M.W., Marsh J.D., Howard J.L., Lanting B.A., Vasarhelyi E.M. The economic impact of periprosthetic infection in total hip arthroplasty. *Can J Surg*. 2020;63(1):E52-E56. doi: 10.1503/cjs.004219.
- Drago L., De Vecchi E., Bortolin M., Zagra L., Romanò C., Cappelletti L. Epidemiology and Antibiotic Resistance of Late Prosthetic Knee and Hip Infections. *J Arthroplasty*. 2017;32(8):2496-2500. doi: 10.1016/j.arth.2017.03.005.
- Masters E.A., Ricciardi B.F., Bentley K.L.M., Moriarty T.F., Schwarz E.M., Muthukrishnan G. Skeletal infections: microbial pathogenesis, immunity and clinical management. *Nat Rev Microbiol*. 2022;20(7):385-400. doi: 10.1038/s41579-022-00686-0.
- Kheir M.M., Tan T.L., Ackerman C.T., Modi R., Foltz C., Parvizi J. Culturing Periprosthetic Joint Infection: Number of Samples, Growth Duration, and Organisms. *J Arthroplasty*. 2018;33(11):3531-3536.e1. doi: 10.1016/j.arth.2018.06.018.
- Akgün D., Maziak N., Plachel F., Siegert P., Minkus M., Thiele K. et al. The role of implant sonication in the diagnosis of periprosthetic shoulder infection. *J Shoulder Elbow Surg*. 2020;29(6):e222-e228. doi: 10.1016/j.jse.2019.10.011.
- Gordina E.M., Bozhkova S.A. Bacterial biofilms in orthopedics: the problem and possible prospects for prevention. *RMJ*. 2021;29(8):29-32. (In Russian).
- Bozhkova S.A., Kasimova A.R., Tikhilov R.M., Polyakova E.M., Rukina A.N., Shabanova V.V. et al. Adverse Trends in the Etiology of Orthopedic Infection: Results of 6-Year Monitoring of the Structure and Resistance of Leading Pathogens. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2018;24(4):20-31. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-20-31.
- Zeller V., Kerroumi Y., Meyssonier V., Heym B., Metten M.A., Desplaces N. et al. Analysis of postoperative and hematogenous prosthetic joint-infection microbiological patterns in a large cohort. *J Infect*. 2018;76(4):328-334. doi: 10.1016/j.jinf.2017.12.016.
- Wimmer M., Friedrich M., Randau T., Ploeger M., Schmolders J., Strauss A. et al. Polymicrobial infections reduce the cure rate in prosthetic joint infections: outcome analysis with two-stage exchange and follow-up two years. *Int Orthop*. 2016;40(7):1367-1373. doi: 10.1007/s00264-015-2871-y.
- Issa K., Pourtaheri S., Stewart T., Faloon M., Sahai N., Mease S. et al. Clinical differences between monomicrobial and polymicrobial vertebral osteomyelitis. *Orthopedics*. 2017;40(2):e370-e373. doi: 10.3928/01477447-20161108-05.
- Sebastian S., Malhotra R., Sreenivas V., Kapil A., Chaudhry R., Dhawan B. A Clinico-microbiological study of prosthetic joint infections in an indian tertiary care hospital: role of universal 16s rna gene polymerase chain reaction and sequencing in diagnosis. *Indian J Orthop*. 2019;53(5):646-654. doi: 10.4103/ortho.IJOrtho.551.18.
- Li H., Fu J., Niu E., Chai W., Xu C., Hao L. et al. The risk factors of polymicrobial periprosthetic joint infection: a single-center retrospective cohort study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021;22:780. doi: 10.1186/s12891-021-04664-0.
- Valenzuela M., Averkamp B., Odum S., Rowe T., Fehring T.K. Polymicrobial colonization of prosthetic joint infections treated with open wound management. *J Arthroplasty*. 2022;37(7S):S653-S656. doi: 10.1016/j.arth.2022.03.016.
- Fröschen F.S., Randau T.M., Franz A., Molitor E., Hoerauf A., Hischebeth G.T.R. Microbiological Trends and Antibiotic Susceptibility Patterns in Patients with Periprosthetic Joint Infection of the Hip or Knee over 6 Years. *Antibiotics (Basel)*. 2022;11(9):1244. doi: 10.3390/antibiotics11091244.
- Ull C., Yilmaz E., Baecker H., Schildhauer T.A., Waydhas C., Hamsen U. Microbial findings and the role of difficult-to-treat pathogens in patients with periprosthetic infection admitted to the intensive care unit. *Orthop Rev (Pavia)*. 2020;12(3):8867. doi: 10.4081/or.2020.8867.
- Abubakar U., Sulaiman S.A.S. Prevalence, trend and antimicrobial susceptibility of Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus* in Nigeria: a systematic review. *J Infect Public Health*. 2018;11(6):763-770. doi: 10.1016/j.jiph.2018.05.013.
- Hamdan E.M., Hassan A.A., Amin S.A., Ahmed H.A., Ataelmanan A.E., Elmakki M.A. et al. Increasing Prevalence of Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* among Hospital and Community acquired Infections in Khartoum State, Sudan. *Infect Disord Drug Targets*. 2022. doi: 10.2174/1871526523666221201101411.
- Arjyal C., Kc J., Neupane S. Prevalence of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in Shrines. *Int J Microbiol*. 2020;2020:7981648. doi: 10.1155/2020/7981648.
- França A., Gaio V., Lopes N., Melo L.D.R. Virulence Factors in Coagulase-Negative *Staphylococci*. *Pathogens*. 2021;10(2):170. doi: 10.3390/pathogens10020170.

22. Winkler T., Trampuz A., Renz N., Perka C., Bozhkova S. Classification and algorithm for diagnosis and treatment of hip prosthetic joint infection. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2016;22(1):33-45. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-33-45.
23. Widerström M., Stegger M., Johansson A., Gurram B.K., Larsen A.R., Wallinder L. et al. Heterogeneity of *Staphylococcus epidermidis* in prosthetic joint infections: time to reevaluate microbiological criteria? *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2022;41(1):87-97. doi: 10.1007/s10096-021-04352-w.
24. Hischebeth G.T., Randau T.M., Ploeger M.M., Friedrich M.J., Kaup E., Jacobs C. et al. *Staphylococcus aureus* versus *Staphylococcus epidermidis* in periprosthetic joint infection-Outcome analysis of methicillin-resistant versus methicillin-susceptible strains. *Diagn Microbiol Infect Dis*. 2019;93(2):125-130. doi: 10.1016/j.diagmicrobio.2018.08.012.
25. Rabaud C., Mauuary G. Infection and/or colonization by methicillin-resistant *Staphylococcus epidermidis* (MRSE). *Pathol Biol (Paris)*. 2001;49(10):812-814. doi: 10.1016/s0369-8114(01)00221-8.
26. Benito N., Franco M., Ribera A., Soriano A., Rodriguez-Pardo D., Sorlí L. et al. Group for the Study of Prosthetic Joint Infections. Time trends in the aetiology of prosthetic joint infections: a multicentre cohort study. *Clin Microbiol Infect*. 2016;22(8):732.e1-8. doi: 10.1016/j.cmi.2016.05.004.

Autors information

✉ Alina R. Kasimova — Cand. Sci. (Med.)
Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg,
195427, Russia
<https://orcid.org/0000-0001-6284-7133>
e-mail: kasi-alina@yandex.ru

Olga S. Tufanova
<https://orcid.org/0000-0003-4891-4963>
e-mail: katieva@mail.ru

Ekaterina M. Gordina — Cand. Sci. (Med.)
<http://orcid.org/0000-0003-2326-7413>
e-mail: emgordina@win.rniito.ru

Anton N. Gvozdetsky — Cand. Sci. (Med.)
<http://orcid.org/0000-0001-8045-1220>
e-mail: Gvozdetskiy_AN@hotmail.com

Kseniia S. Radaeva
<http://orcid.org/0000-0003-2121-094X>
e-mail: xenrada@gmail.com

Anna N. Rukina
<https://orcid.org/0000-0003-3307-4674>
e-mail: anrukina@win.rniito.r

Svetlana A. Bozhkova — Dr. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0002-2083-2424>
e-mail: clinpharm-rniito@yandex.ru

Rashid M. Tikhilov — Dr. Sci. (Med.), Professor
<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>
e-mail: rtikhilov@gmail.com

Mid-term Results of a Single-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Retrospective Analysis of 36 Cases

Anton S. Gofer, Aleksandr A. Alekperov, Mikhail B. Gurazhev, Artem K. Avdeev, Vitaly L. Lukinov, Dmitriy V. Rubtsov, Vitaliy V. Pavlov

Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n.a. Ya. L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia

Abstract

Background. Revision anterior cruciate ligament reconstruction is becoming more and more common in the knee surgery due to the annual increase in the number of primary anterior cruciate ligament reconstructions. Choosing the most suitable graft and determining the staging of the surgical treatment by preoperative assessment of the possibility of performing the most anatomical revision canals and their interposition with the primary canals are the main factors that influence treatment results.

Aim of the study – comparative assessment of the results of using hamstring tendon and peroneus longus tendon autografts in a one-stage revision reconstruction of the anterior cruciate ligament.

Methods. A retrospective analysis of the medical records of 36 patients who underwent revision anterior cruciate ligament reconstruction was performed. The patients were divided into two groups: in the patients of the study group (n = 19) a peroneus longus tendon (PLT) autograft was used, in the comparison group (n = 17) a hamstring tendon autograft (HT) was applied. Subjective and objective evaluation using the KOOS, IKDC, and Lysholm scales was performed, and also position of the central entry points of the primary and revision canals was determined. There were no statistically significant differences in the objective assessment of the knee joint stability. Significantly better results of subjective assessment of the knee function according to the Lysholm and KOOS scales were obtained in the PLT group (p = 0.042 and p<0.001, respectively). Position of revision canals corresponded to the standard values, but position of the femoral canal had a slight cranial and anterior displacement. It was also found that the PLT graft diameter was statistically significantly larger than the HT graft diameter (p<0.001).

Results. There were no statistically significant differences in the objective assessment of the knee stability. Significantly better results of subjective assessment of the knee function according to the Lysholm and KOOS scales were obtained in the PLT group (p = 0.042 and p<0.001, respectively). Position of revision canals corresponded to the standard values, but position of the femoral canal had a slight cranial and anterior displacement. It was also found that the PLT graft diameter was statistically significantly larger than the HT graft diameter (p<0.001).

Conclusions. One-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction is a safe and effective surgical procedure providing satisfactory objective and subjective clinical results. Use of peroneus longus tendon autograft allows to obtain better results in comparison with the hamstring tendon autograft.

Keywords: knee joint, anterior cruciate ligament, revision anterior cruciate ligament reconstruction, arthroscopy.

Cite as: Gofer A.S., Alekperov A.A., Gurazhev M.B., Avdeev A.K., Lukinov V.L., Rubtsov D.V., Pavlov V.V. Mid-term Results of a Single-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Retrospective Analysis of 36 Cases. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2024;30(1):76-88. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17415>.

✉ Anton S. Gofer; e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

Submitted: 20.11.2023. Accepted: 15.01.2024. Published Online: 12.03.2024.

© Gofer A.S., Alekperov A.A., Gurazhev M.B., Avdeev A.K., Lukinov V.L., Rubtsov D.V., Pavlov V.V., 2024



Среднесрочные результаты одноэтапной ревизионной реконструкции передней крестообразной связки: ретроспективный анализ 36 случаев

А.С. Гофер, А.А. Алекперов, М.Б. Гуражев, А.К. Авдеев, В.Л. Лукинов, Д.В. Рубцов, В.В. Павлов

ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск, Россия

Реферат

Актуальность. Ревизионная реконструкция передней крестообразной связки становится все более распространенным оперативным вмешательством на коленном суставе ввиду ежегодного увеличения количества выполненных ее первичных реконструкций. Выбор оптимального трансплантата и определение этапности хирургического лечения с помощью предоперационной оценки возможности проведения максимально анатомичных ревизионных каналов и их взаиморасположения с первичными каналами являются основными факторами, которые влияют на результаты лечения.

Цель исследования — сравнительная оценка результатов применения ауто трансплантатов из сухожилий подколенных сгибателей голени и длинной малоберцовой мышцы при одноэтапной ревизионной реконструкции передней крестообразной связки.

Материал и методы. Проведен ретроспективный анализ медицинской документации 36 пациентов, которым была выполнена ревизионная реконструкция передней крестообразной связки. Пациенты были разделены на две группы: у пациентов группы исследования ($n = 19$) использовался ауто трансплантат из сухожилия длинной малоберцовой мышцы (PLT), в группе сравнения ($n = 17$) — трансплантат из сухожилий подколенных сгибателей голени (HT). Проводилась субъективная и объективная оценка по шкалам KOOS, IKDC и Lysholm, а также определялось положение центральных точек входа в первичные и ревизионные каналы.

Результаты. Статистически значимых различий при объективной оценке стабильности коленного сустава не выявлено. Лучшие результаты субъективной оценки функции КС по шкалам Lysholm и KOOS получены в группе PLT ($p = 0,042$ и $p < 0,001$ соответственно). Положение ревизионных каналов соответствовало нормативным значениям, однако положение бедренного канала имело незначительное смещение краниально и кпереди. Также выявлено, что диаметр трансплантата PLT оказался статистически значимо больше значений диаметра трансплантата HT ($p < 0,001$).

Заключение. Одноэтапная ревизионная реконструкция передней крестообразной связки является безопасным и эффективным оперативным вмешательством, обеспечивающим удовлетворительные объективные и субъективные клинические результаты. Применение ауто трансплантата из сухожилия длинной малоберцовой мышцы позволяет получить лучшие результаты по сравнению с трансплантатом из сухожилий подколенных сгибателей голени.

Ключевые слова: коленный сустав, передняя крестообразная связка, ревизионная реконструкция передней крестообразной связки, артроскопия.

Для цитирования: Гофер А.С., Алекперов А.А., Гуражев М.Б., Авдеев А.К., Лукинов В.Л., Рубцов Д.В., Павлов В.В. Среднесрочные результаты одноэтапной ревизионной реконструкции передней крестообразной связки: ретроспективный анализ 36 случаев. *Травматология и ортопедия России*. 2024;30(1):76-88. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17415>.

Гофер Антон Сергеевич; e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

Рукопись получена: 20.11.2023. Рукопись одобрена: 15.01.2024. Статья опубликована онлайн: 12.03.2024.

© Гофер А.С., Алекперов А.А., Гуражев М.Б., Авдеев А.К., Лукинов В.Л., Рубцов Д.В., Павлов В.В., 2024

BACKGROUND

Arthroscopic anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction is one of the most common surgical interventions on the knee. The number of these surgeries is increasing annually due to the promotion of an active lifestyle among the population and the growing number of experienced surgeons able to perform this type of intervention. Modern surgical techniques allow to achieve good results in most cases, however, according to the scientific literature, the share of unsatisfactory outcomes of primary ACL reconstruction ranges from 5 to 20% [1, 2]. Accordingly, revision ACL reconstructions are becoming more and more common.

The complexity of revision surgery is determined by certain factors that directly or indirectly influence the treatment outcome. One of the most significant is the preoperative assessment of the possibility to form the most anatomical revision tunnels taking into account the position and the size of the primary tunnels and determining the stages of surgical treatment [3, 4, 5]. The choice of the optimal graft, the method of its preparation and fixation are also one of the underlying factors that influence the outcomes of revision surgery. It is known that autografts have advantages over the synthetic ones [6] or allografts [7, 8, 9], but in some situations, the use of the latter allows to solve non-standard problems arising when performing revision intervention [10].

Additional positive influence on the outcomes of revision ACL reconstructions is achieved by simultaneous extraarticular interventions – lateral extraarticular tenodesis [11, 12] and correction of excessive anterior tibial plateau inclination angle in the sagittal plane [13, 14]. However, these interventions increase the level of surgical aggression and the risk of various types of complications, therefore, they should be performed for strict indications and not universally.

Thus, the results of revision ACL reconstruction depend on many aspects, including graft selection, and the lack of a common opinion on this issue was the reason for performing a study to identify and confirm those or other significant factors affecting the outcome of surgical treatment.

Aim of the study is to perform a comparative assessment of the results of using hamstring tendon and peroneus longus tendon autografts in a one-stage revision reconstruction of the anterior cruciate ligament.

METHODS

Study design

This is a retrospective cohort comparative single-center non-randomized study. A retrospective analysis of medical records of 43 patients who underwent revision ACL reconstruction at Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n.a. Ya.L. Tsivyan in the period from 2016 to 2019 was performed.

Inclusion criteria: a completed case of a one-stage revision ACL reconstruction performed during the reviewed period.

Non-inclusion criteria: multiligamentous knee injury, 2-3 stage of knee osteoarthritis, severe axial deformity of the knee, severe somatic pathology, repeated revision interventions.

Exclusion criteria: two-stage revision, contralateral knee injury, no contact with the patient.

Taking into account the inclusion, non-inclusion, and exclusion criteria, we analyzed 36 completed cases (Fig. 1). Patients were divided into two groups according to the type of tendon autograft used: patients in the PLT study group (n = 19) – a peroneus longus tendon (PLT) autograft was used, while in the HT comparison group (n = 17) – a hamstring tendon (HT) graft was used.

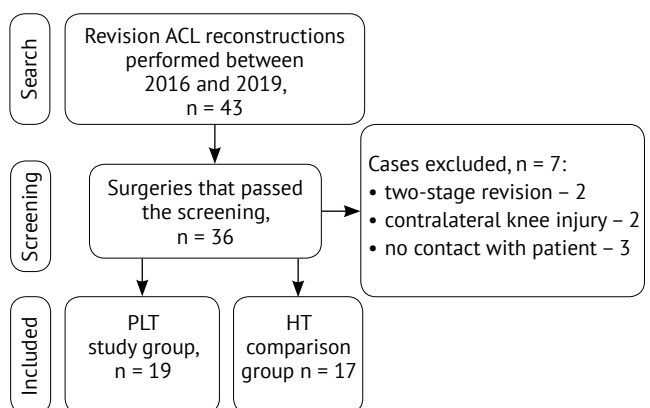


Fig. 1. Flowchart of the study design

Methods of outcome assessment

The patients were evaluated using specialized scoring systems for assessing knee function – the IKDC 2000, Lysholm and KOOS questionnaires. To assess the stability of the knee in both groups, physical examination according to the IKDC 2000 protocol (Lachman and pivot-shift tests) was performed before surgery and 12 months after the operation. In the PLT group, the functional state of the ankle joint was assessed using the AOFAS scale before and 12 months after surgery.

MSCT scans were evaluated before and after the surgical intervention. Diameter and position of the central entry points of the primary and revision bone tunnels were determined. The method of anatomical coordinate axes was used for the tibial tunnel and was calculated as a percentage (Fig. 2). The method described by M. Bernard et al. [15] was used to estimate the femoral tunnel entry points (Fig. 3). The standard coordinate values of the positions of the entry points into the bone tunnels were taken as the values corresponding to the well-known data on the topography of the attachment point of the native ACL to the tibia and femur [16].

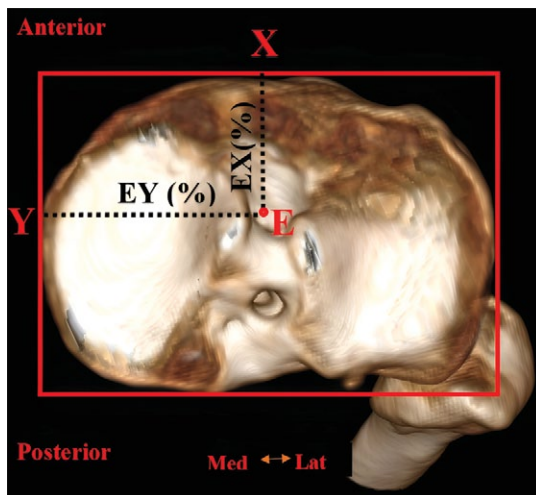


Fig. 2. Position of the central attachment point of the native ACL on the tibia (E);
Y – line drawn through the most prominent point of the medial edge of the tibial plateau;
X – line drawn through the extreme point of the anterior edge of the tibial plateau, perpendicular to the line Y;
EX – distance from the anterior edge of the tibial plateau (43.8%);
EY – distance from the medial edge of the tibial plateau (48.9%)

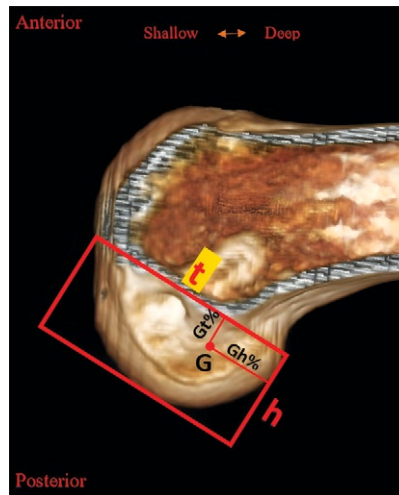


Fig. 3. Position of the central attachment point of the native ACL on the femur:
t – line corresponding to the Blumensaat's line;
h – line passing through the extreme point of the posterior edge of the lateral femoral condyle, perpendicular to the line t;
Gh (%) – distance from the deepest point of the medial edge of the lateral femoral condyle (29.9%);
Gt (%) – distance from the Blumensaat's line (30.1%)

When analyzing intraoperative data, the diameter of the revision graft, complications, and duration of surgical intervention were assessed.

Statistical analysis

Descriptive statistics of continuous variables were calculated as: median (Me) [first quartile Q1; third quartile Q3], mean \pm standard deviation ($M \pm SD$), minimum-maximum values. For binary variables, the number of events, their frequency, and 95% confidence interval (95% CI) of frequency were determined using Wilson's formula. Comparisons of continuous variables between groups were performed by the Mann-Whitney U-test. The Spearman correlation coefficients were calculated to determine the strength of correlation between continuous variables. Binary variables were compared by Fisher's exact test. Differences between binary variables were assessed by calculating the odds ratio with 95% CI. Only two-tailed tests were used. The Benjamini-Hochberg correction was applied in case of multiple comparisons. Statistical hypothesis testing was performed at a critical significance level of $p = 0.05$, i.e., a difference was considered statistically significant at $p < 0.05$. Statistical analysis was

performed in the integrated development environment (IDE) RStudio (version 2022.07.2 RStudio, Inc., USA) in R programming language v. 4.1.3 (2022-03-10, Austria).

RESULTS

Mean follow-up was 27.5±11.9 months (range 12-48 months). General characteristics of the patients are presented in Table 1.

Data on the initial fixation method and primary graft and their distribution within the compared groups (HT and PLT) are presented in Table 2.

Characteristics of the primary tunnels in both groups

When analyzing the results of MSCT scans, a non-anatomic placement of initial tunnels was revealed in 19 cases (52.7%). Of these: 13 (36.1%) – femoral tunnel, 2 (5.6%) – tibial tunnel, 4 (11.1%) – both tunnels. Mean diameter of the primary tibial tunnel was 7.48±0.69 mm, femoral tunnel – 7.6±0.74 mm. Mean values of coordinates of position of the central entry points of the primary tunnels of the studied groups are presented in Table 3 and illustrated in Figures 4 and 5.

Analysis of the influence of the risk factors on the development of the initial graft failure

Damage to the initial graft in the absence of trauma in the medical history or its low-energy character was more frequent in case of non-anatomic placement of the bone tunnels (p<0.001). A statistically significant correlation was also found between the time of development of ACL graft failure and the age at the time of the primary surgery (p = 0.041). There was no statistically significant correlation between the time of the graft failure development and BMI (p = 0.744).

Table 1

Patients' characteristics	
Parameter	Number (%), n = 43
Gender*: male female	17 (39.5) 26 (60.5)
Age, years old*	34.4±8.7 (18–53)
Time of the follow-up, months*	27.5±11.9 (12–48)
BMI, kg/m ² *	27.1±3.8 (19.4–41.4)
Time interval between surgeries, months*	83.1±71.5 (6–372)

* – M ± SD (min-max).

Table 2

Revision and primary grafts, initial fixation method in the groups, number (%)

Revision graft n = 36		Primary graft	Initial fixation method			
HT n = 17	PLT n = 19		extracortical	intratunnel	combined	cross-pin
0 (0.0)	7 (19.4)	ST-auto	7 (19.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
0 (0.0)	10 (27.8)	HT-auto	0 (0.0)	1 (2.8)	3 (8.3)	6 (16.7)
3 (8.3)	1 (2.8)	BTB-auto	0 (0.0)	4 (11.1)	0 (0.0)	0 (0.0)
3 (8.3)	0 (0.0)	PLT-auto	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (8.3)	0 (0.0)
10 (27.8)	0 (0.0)	Synthetic prosthesis	0 (0.0)	10 (27.8)	0 (0.0)	0 (0.0)
1 (2.8)	1 (2.8)	Allograft	0 (0.0)	2 (5.6)	0 (0.0)	0 (0.0)

ST-auto – semitendinosus tendon autograft; HT – hamstring tendon graft; BTB – patellar bone tendon block; PLT – peroneus longus tendon graft.

Table 3

Mean values of placement coordinates of central entry points of primary bone tunnels, M±SD (min-max)

Primary bone tunnel	Parameter	Norm	PLT, n = 19	HT, n = 17	p
Tibial	EX (%)	43.8±3.0	44.63±1.89 (40–47)	48.47±10.85 (30–71)	0.666
	EY (%)	48.9±3.0	47.79±2.20 (45–51)	46.82±10.96 (5–52)	0.081
Femoral	Gh (%)	29.9±3.0	47.11±15.48 (28–67)	45.12±14.72 (29–67)	0.962
	Gt (%)	30.1±3.0	19.26±9.84 (4–31)	28.94±14.94 (5–56)	0.122

Henceforward: EX (%) – distance from the anterior edge of the tibial plateau in percentage; EY (%) – distance from the medial edge of the tibial plateau in percentage; Gh (%) – distance from the deepest point of the medial margin of the lateral femoral condyle in percentage; Gt (%) – distance from the Blumensaat’s line in percentage.

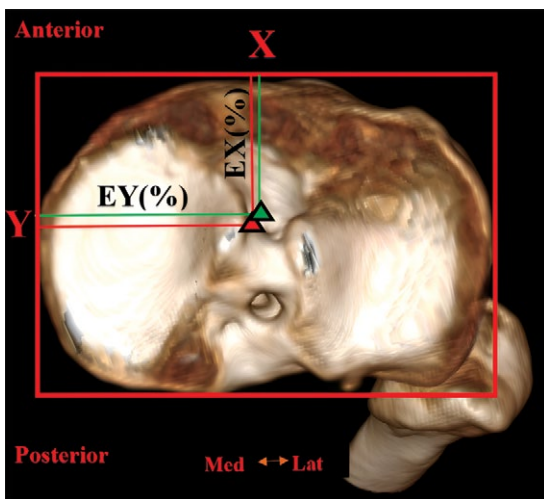


Fig. 4. Average position of the central entry points into the primary canals (marked in red) and revision canals (marked in green) of the tibial condyle

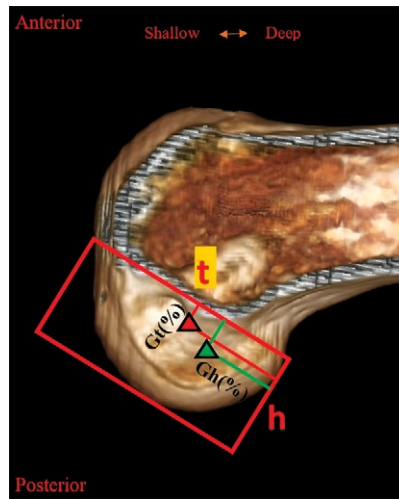


Fig. 5. Average position of the central entry points into the primary canals (marked in red) and revision canals (marked in green) of the femur

Assessment of the intraoperative data

Duration of revision intervention did not differ statistically in the studied groups; however, the PLT group had a lower mean value.

The PLT revision autograft had a statistically significantly larger diameter than the HT autograft did (Table 4).

Table 4

Analysis of intraoperative data, M±SD (min-max)

Parameter	PLT, n = 19	HT, n = 17	p
Surgery duration, mins	83.95±27.92 (55–170)	94.12±38.7 (45–180)	0.494
Graft diameter, mm	8.61±0.49 (7.5–9.5)	7.44±0.35 (7–8)	<0.001
Diameter of revision tunnels, mm:			
tibial	8.42±0.72 (7.0–9.5)		>0.999
femoral	8.45±0.69 (7.0–9.5)		

Analysis of the postoperative data

Analysis of the position of the central entry points of revision tunnels showed that there were no statistically significant differences between the groups, and the mean values of the coordinates of the central points were in anatomic positions. Mean values of the coordinates of position of the central entry points of revision tunnels of the studied groups are presented in Table 5 and illustrated in Figures 4 and 5.

Subjective and objective assessment of treatment outcomes

When assessing knee stability using the IKDC 2000 protocol and pivot-shift test before and after surgical intervention, no statistically significant differences between the groups were found (Table 6).

A comparative analysis of the results of assessment of subjective parameters by the KOOS and Lysholm scales 12 months after the revision intervention revealed statistically significantly higher values in the PLT group, but the results were comparable according to the IKDC scale (Table 7).

Functional state of the ankle joint and foot in the PLT group was assessed using the AOFAS scale. All 19 patients had comparable results preoperatively, 99.00±0.94 (97-100) and 12 months postoperatively, 99.21±0.71 (98-100) (p = 0.919).

Repeated graft failure or rupture, as well as postoperative complications that required repeated surgical revision were not revealed in both groups during the mentioned observation periods.

Table 5

Mean values of placement coordinates of central entry points of revision tunnels, M±SD (min-max)

Revision tunnel	Parameter	Norm	PLT, n = 19	HT, n = 17	p
Tibial	EX (%)	43.8±3.0	44.58±1.61 (41-47)	43.41±3.02 (39-48)	0.629
	EY (%)	48.9±3.0	48.42±2.59 (45-55)	48.71±1.93 (45-52)	0.469
Femoral	Gh (%)	29.9±3.0	31.89±2.73 (24-36)	32.18±3.40 (25-39)	0.835
	Gt (%)	30.1±3.0	30.79±4.2 (25-40)	30.53±3.61 (23-37)	0.861

Table 6

Objective knee stability assessment before and after surgery

Test	Total, n = 36		PLT, n = 19		HT, n = 17	
	before surgery	after surgery	before surgery	after surgery	before surgery	after surgery
IKDC 2000; Lachman test, A/B/C/D	0/0/22/14	16/20/0/0	0/0/10/9	6/13/0/0	0/0/12/5	10/7/0/0
Pivot-shift test, 0/1+/2+/3+	0/2/16/18	24/12/0/0	0/1/7/11	14/5/0/0	0/1/9/7	10/7/0/0

p>0.999.

Table 7

Comparative analysis of subjective assessment results of knee function, M±SD (min-max)

Scale	PLT, n = 19		HT, n = 17		p	
	before surgery	in 12 months	before surgery	in 12 months	before surgery	in 12 months
KOOS (total score)	48.58±7.61 (36–63)	82.95±3.84 (77–90)	47.29±9.60 (34–62)	73.71±3.64 (68–81)	0.558	<0.001
KOOS (pain)	41.68±10.32 (24–62)	90.26±5.41 (82–99)	39.76±13.35 (21–60)	79.53±6.64 (69–91)	0.485	<0.001
KOOS (symptoms)	60.74±5.61 (51–71)	84.58±7.6 (72–95)	59.18±7.23 (49–71)	77.18±5.79 (66–88)	0.465	0.013
KOOS (everyday activity)	69.53±5.09 (61–78)	89.05±5.19 (77–98)	68.59±6.22 (60–78)	79.47±3.74 (72–86)	0.515	<0.001
KOOS (sport activity)	42.11±10.49 (25–62)	84.11±5.64 (76–95)	40.65±13.18 (23–62)	76.47±7.81 (64–92)	0.456	0.004
KOOS (quality of life)	29.05±6.64 (18–40)	68.32±5.51 (55–80)	27.47±8.16 (16–39)	58.06±5.3 (46–66)	0.474	<0.001
Lysholm	60.32±11.35 (40–75)	81.21±5.17 (72–89)	55.24±10.65 (41–71)	77.35±4.49 (68–84)	0.158	0.042
IKDC 2000	52.37±7.65 (38–65)	80.58±4.86 (72–88)	51.53±8.09 (38–65)	77.24±4.98 (68–86)	0.600	0.065

DISCUSSION

Analysis of the results of modern studies allows us to determine that the non-anatomic placement of bone tunnel is one of the main technical errors that lead to the ACL graft failure [5, 17, 18]. In particular, J.A. Morgan et al. have found that the incorrect placement of the femoral tunnel leads to residual rotational instability of the femoral condyle with chronic injury to the ACL graft and the development of its failure [5]. Similar results were obtained when analyzing the material of our study: non-anatomic placement of the bone tunnel was observed in 19 cases (52.8%), with the most frequent isolated incorrect placement of the femoral tunnel, which was located vertically and anteriorly from the anatomic position. When assessing the nature of trauma in this category of patients, a statistically significant correlation ($p < 0.001$) was revealed between the incorrect placement of the primary tunnel entries and the development of the graft failure in the absence of trauma in the medical history

or in case of injury mechanism characterized by excessive load, which, other things being equal, could not lead to the rupture of the ACL or had a low-energy character. Thus, taking into account the negative influence of the incorrect placement of bone tunnels on the results of the primary ACL reconstruction, there is a necessity of their anatomical placement during revision intervention to reduce the risk of ACL revision graft failure.

The analysis of the dimensional characteristics of the bone tunnels during the revision intervention in our study showed that their average diameter was: 8.42 ± 0.72 mm in the tibia and 8.45 ± 0.69 mm in the femur. The obtained data show that the performance of a one-stage revision ACL reconstruction with anatomically placed tunnels in most cases is possible with their diameter up to 10 mm, which is also confirmed by the data of scientific literature [19, 20]. The size of the prepared graft is most often less than 10 mm, which may not allow

adequate impaction into the canal due to the differences in diameters of the tunnel and the graft and lead, in turn, to the development of graft failure [21]. Nevertheless, in some studies, a one-stage revision was performed in anatomically placed tunnels with diameters ranging from 10 to 14 mm [22, 23]. In our opinion, this cannot be universally applicable for one-stage surgical treatment, despite the known methods of one-stage replacement of one of the secondary dilated tunnels with bone-tendon allografts [23, 24]. Meanwhile, preoperative assessment of the interposition of primary and planned tunnels plays an important role in reducing the risk of intraoperative complications. In particular, two cases of intraoperative fusion of primary and revision tunnels were observed in our study, which led to an increase in the duration of surgical intervention and forced to perform a two-stage operation. Thus, we can conclude that it is necessary to develop the most accurate methodology of preoperative planning based on mathematical calculations and correct selection of patients for one- or two-stage revision ACL reconstruction, especially taking into account the available scientific publications showing that the long-term results of one-stage and two-stage revision interventions are comparable [20].

The choice of a graft for revision ACL reconstruction is still a subject of debate in the surgical community. The results of modern studies suggest the advantages of using the patient's own tissues as a graft for ACL reconstruction [7, 25]. The most frequently encountered revision autografts in the scientific literature are hamstring tendon (HT) grafts, patellar bone tendon blocks (BTB), and the quadriceps tendon (QT) [9]. On the one hand, there are studies reporting comparable results of tendon grafts compared to bone-block grafts [26, 27]. On the other hand, QT and BTB autografts have some advantages, as under certain conditions they allow performing revision ACL reconstruction with one-stage bone grafting of the secondary dilated tunnel and expect predictable results [26]. Nevertheless, the available advantages, in our opinion, do not overlap the negative aspects that may result from the use of QT or BTB grafts. The disadvantages include: an increased risk of

patella fracture with a graft with a bone block of more than 1 cm, decreased rehabilitation rates due to the fact that the quadriceps femoris muscle is one of the main active stabilizers of the knee and together with the patella ligament is a direct participant of the knee extensor apparatus, the problem of donor site soreness (pain in the anterior knee), the presence of contraindications for the use of this type of grafts in case of degenerative changes in the patellofemoral joint, as well as the relative difficulty of graft taking. In turn, allografts are devoid of the above disadvantages and due to the fact that they are currently subjected to more effective methods of sterilization, storage and transportation, they allow to safely avoid problems associated with the donor site, as well as make it possible to perform one-stage bone grafting of the secondary dilated tunnel and ACL reconstruction [10]. However, this type of graft is not available to everyone and, according to studies, has a higher risk of damage than autograft [7, 8].

In recent years, there has been an increase in the number of published studies analyzing the results of ACL reconstruction using PLT autograft [28, 29, 30, 31, 32]. In particular, K.Y. Phatama et al. in their experimental cadaveric study have found that PLT has better but comparable strength characteristics than HT graft ($p > 0.05$), but compared to BTB and QT grafts, the peroneus longus tendon has significantly higher ($p < 0.05$) tensile strength values [32]. T. Goyal et al. analyzed the use of PLT as a graft for ACL reconstruction, and on average after 2 years of follow-up all patients included in the study had good postoperative parameters according to the Lysholm and IKDC scales (85.03 ± 7.2 and 80.7 ± 6 points, respectively). Also, the authors did not record any cases of infectious complications and graft failure [28]. In another study F.D. Shi et al. performed a comparative evaluation of the results of PLT and HT grafts in primary ACL reconstruction. They obtained comparable postoperative results between the groups when assessed by the Lysholm functional scales (in PLT group 92.00 ± 6.81 ; HT 93.00 ± 5.22) and IKDC (in PLT group 90.13 ± 3.01 ; HT 89.22 ± 3.83) at an average follow-up of 24 months [30]. Similar results were obtained in our study: at an average of one year after surgical intervention,

comparative analysis of subjective results on the IKDC scale showed comparable values in the PLT and HT groups ($p = 0.065$). However, the KOOS and Lysholm scores in the PLT group were statistically significantly higher than in the HT group ($p < 0.001$ and $p = 0.042$, respectively).

According to the modern studies data, the use of PLT as an autograft for ACL reconstruction does not have a significant negative effect on the function of the foot and ankle joint [28, 29, 30, 31]. In particular, J. He et al. during the meta-analysis revealed statistically significant but not meaningful differences in the AOFAS scale between preoperative and postoperative scores (mean score decreased by 0.31; $p = 0.01$), and when assessed by the FADI scale, the results were comparable (mean difference of 0.02 points) [29]. The results obtained in our study also prove that there is no significant effect on foot and ankle function. Specifically, when analyzing the results of the AOFAS score, it was found that the preoperative and postoperative scores were comparable ($p = 0.919$).

The question of the influence of the graft diameter on the results of ACL reconstruction is quite often considered in modern studies. For example, in the study of L. Spragg et al. and in the article by T. Snaebjörnsson et al. is shown that the increase of the graft diameter by every 0.5 mm (from 7.0 to 10.0 mm) resulted in the reduction of the risk of revision by 0.82 times and 0.86 times, respectively [33, 34]. The above-mentioned study results are related to primary ACL reconstruction, but these findings are also applicable to revision intervention. In our opinion, the diameter of the revision autograft should exceed 8.0-8.5 mm, because, firstly, it is necessary to reduce the risk of repeated revision by reducing the influence of one of the risk factors, and secondly, this graft size in most cases allows to "overlap" the diameter of anatomically placed tunnel from the previous intervention. The analysis of literature data allowed us to determine that the PLT graft in most cases has a diameter of more than 8 mm [28, 29, 30, 31]. S. Rhatomy et al. during the comparative evaluation of the average values of PLT (8.8 ± 0.7 mm; 8 to 10 mm) and HT (8.2 ± 0.8 mm; 7 to 9 mm) graft diameters revealed statistically significant differences ($p = 0.012$) [31]. The results

obtained in the work of S. Rhatomy et al. are confirmed by the findings of our study: the average diameter of PLT graft was 8.7 mm (from 7.5 to 9.5 mm), which was significantly greater than the average diameter of HT graft (7.6 mm; from 7 to 8 mm; $p < 0.001$).

Limitations of the study

The present study has some limitations. Firstly, the results were analyzed retrospectively and, therefore, there was no randomization of patients. Secondly, we did not analyze the stability and range of motion in the ankle joint, as the obtained results and their reliability in the study of J. He et al. [29] were considered sufficient. Thirdly, the small number of patients included in the study is explained by the fact that to date there has not been a sufficient number of cases of revision ACL reconstruction where PLT graft was used. The positive aspects of our study are the analysis of the use of PLT autograft in the framework of revision intervention in comparison with the most popular HT graft. At the same time, the use of international evaluation scales (Lysholm, IKDC, KOOS) allows direct comparison with foreign studies. The study is of preventive nature due to expected increase in the number of revision ACL reconstructions.

CONCLUSIONS

One-stage revision ACL reconstruction is a safe and effective surgical intervention providing satisfactory objective and subjective clinical results. The use of PLT autograft allows to obtain better results than the use of HT autograft according to the KOOS and Lysholm scales. Consideration of all possible factors affecting the outcome of revision surgery may allow to obtain the results comparable to primary anterior cruciate ligament reconstructions. Further prospective studies with a larger number of patients are needed to confirm these results.

DISCLAIMERS

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patients for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

REFERENCES

- George M.S., Dunn W.R., Spindler K.P. Current concepts review: revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2006;34(12):2026-2037. doi: 10.1177/0363546506295026.
- Grassi A., Ardern C.L., Marcheggiani Muccioli G.M., Neri M.P., Marcacci M., Zaffagnini S. Does revision ACL reconstruction measure up to primary surgery? A meta-analysis comparing patient-reported and clinician-reported outcomes, and radiographic results. *Br J Sports Med.* 2016;50(12):716-724. doi: 10.1136/bjsports-2015-094948.
- Trojani C., Sbihi A., Djian P., Potel J.F., Hulet C., Jouve F. et al. Causes for failure of ACL reconstruction and influence of meniscectomies after revision. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(2):196-201. doi: 10.1007/s00167-010-1201-6.
- Bantser S.A., Trachuk A.P., Bogopol'sky O.E., Tikhilov R.M., Sushkov I.V., Murga E.Ya. Effect of Bone Tunnels Positioning on Outcomes of Transtibial Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2017;23(3):7-16. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-7-16.
- Morgan J.A., Dahm D., Levy B., Stuart M.J. MARS Study Group. Femoral tunnel malposition in ACL revision reconstruction. *J Knee Surg.* 2012;25(5):361-368. doi: 10.1055/s-0031-1299662.
- Niki Y., Matsumoto H., Enomoto H., Toyama Y., Suda Y. Single-stage anterior cruciate ligament revision with bone-patellar tendon-bone: a case-control series of revision of failed synthetic anterior cruciate ligament reconstructions. *Arthroscopy.* 2010;26(8):1058-1065. doi: 10.1016/j.arthro.2009.12.015.
- MARS Group; MARS Group. Effect of graft choice on the outcome of revision anterior cruciate ligament reconstruction in the Multicenter ACL Revision Study (MARS) Cohort. *Am J Sports Med.* 2014;42(10):2301-2310. doi: 10.1177/0363546514549005.
- Nissen K.A., Eysturoy N.H., Nielsen T.G., Lind M. Allograft Use Results in Higher Re-Revision Rate for Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med.* 2018;6(6):2325967118775381. doi: 10.1177/2325967118775381.
- Gofer A.S., Alekperov A.A., Gurazhev M.B., Avdeev A.K., Pavlov V.V., Korytkin A.A. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Current Approaches to Preoperative Planning (Systematic Review). *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2023;29(3):136-148. (In Russian). doi: 10.17816/2311-2905-2130.
- Saprykin A.S., Bantser S.A., Rybinin M.V., Kornilov N.N. Current Aspects of Preoperative Planning and Selection of Surgical Techniques for Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Genij Ortopedii.* 2022;28(3):444-451. (In Russian) doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-3-444-451
- Grassi A., Zicaro J.P., Costa-Paz M., Samuelsson K., Wilson A., Zaffagnini S. et al. ESSKA Arthroscopy Committee. Good mid-term outcomes and low rates of residual rotatory laxity, complications and failures after revision anterior cruciate ligament reconstruction (ACL) and lateral extra-articular tenodesis (LET). *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(2):418-431. doi: 10.1007/s00167-019-05625-w.
- Alm L., Drenck T.C., Frosch K.H., Akoto R. Lateral extra-articular tenodesis in patients with revision anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction and high-grade anterior knee instability. *Knee.* 2020;27(5):1451-1457. doi: 10.1016/j.knee.2020.06.005.
- Dejour D., Saffarini M., Demey G., Baverel L. Tibial slope correction combined with second revision ACL produces good knee stability and prevents graft rupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(10):2846-2852. doi: 10.1007/s00167-015-3758-6.
- Napier R.J., Garcia E., Devitt B.M., Feller J.A., Webster K.E. Increased Radiographic Posterior Tibial Slope Is Associated With Subsequent Injury Following Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med.* 2019;7(11):23. doi: 10.1177/2325967119879373.
- Bernard M., Hertel P., Hornung H., Cierpinski Th. Femoral insertion of the ACL: radiographic quadrant method. *Am J Knee Surg.* 1997;10(1):14-22.
- Tsukada H., Ishibashi Y., Tsuda E., Fukuda A., Toh S. Anatomical analysis of the anterior cruciate ligament femoral and tibial footprints. *J Orthop Sci.* 2008;13(2):122-129. doi: 10.1007/s00776-007-1205-5.
- Gofer A.S., Alekperov A.A., Gurazhev M.B., Avdeev A.K., Pavlov V.V. Evaluation of the structure of unsuccessful outcomes of primary reconstructions of the anterior cruciate ligament: analysis of 84 cases. *Modern problems of science and education.* 2023;(4):87-87. (In Russian). doi: 10.17513/spno.32736. Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32736>
- Rahardja R., Zhu M., Love H., Clatworthy M.G., Monk A.P., Young S.W. Factors associated with revision following anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review of registry data. *Knee.* 2020;27(2):287-299. doi: 10.1016/j.knee.2019.12.003.
- Salem H.S., Axibal D.P., Wolcott M.L., Vidal A.F., McCarty E.C., Bravman J.T. et al. Two-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review of Bone Graft Options for Tunnel Augmentation. *Am J Sports Med.* 2020;48(3):767-777. doi: 10.1177/0363546519841583.
- Colatruglio M., Flanigan D.C., Long J., DiBartola A.C., Magnussen R.A. Outcomes of 1- Versus 2-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2021;49(3):798-804. doi: 10.1177/0363546520923090.
- Rybin A.V., Kuznetsov I.A., Rumakin V.P., Netylko G.I., Lomaya M.P. Experimental and Morphological Aspects of failed Tendon Auto- and Allografts after ACL Reconstruction in Early Postoperative Period. *Traumatology and orthopedics of Russia.* 2016;22(4):60-75 (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2016-22-4-60-75.

22. Ahn J.H., Son D.W., Jeong H.J., Park D.W., Lee I.G. One-Stage Anatomical Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Results According to Tunnel Overlaps. *Arthroscopy*. 2021;37(4):1223-1232. doi: 10.1016/j.arthro.2020.11.029.
23. Werner B.C., Gilmore C.J., Hamann J.C., Gaskin C.M., Carroll J.J., Hart J.M. et al. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Results of a Single-stage Approach Using Allograft Dowel Bone Grafting for Femoral Defects. *J Am Acad Orthop Surg*. 2016;24(8):581-587. doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00572.
24. Dragoo J.L., Kalisvaart M., Smith K.M., Pappas G., Golish R. Single-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction using bone grafting for posterior or widening tibial tunnels restores stability of the knee and improves clinical outcomes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019;27(11):3713-3721. doi: 10.1007/s00167-019-05467-6.
25. Andernord D., Björnsson H., Petzold M., Eriksson B.I., Forsblad M., Karlsson J. et al. Surgical Predictors of Early Revision Surgery After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Results From the Swedish National Knee Ligament Register on 13,102 Patients. *Am J Sports Med*. 2014;42(7):1574-1582. doi: 10.1177/0363546514531396.
26. Barié A., Ehmann Y., Jaber A., Huber J., Streich N.A. Revision ACL reconstruction using quadriceps or hamstring autografts leads to similar results after 4 years: good objective stability but low rate of return to pre-injury sport level. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019;27(11):3527-3535. doi: 10.1007/s00167-019-05444-z.
27. Trasolini N.A., Lan R., Bolia I.K., Hill W., Thompson A.A., Mayfield C.K. et al. Knee Extensor Mechanism Complications After Autograft Harvest in ACL Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthop J Sports Med*. 2023;11(7):23259671231177665. doi: 10.1177/23259671231177665.
28. Goyal T., Paul S., Choudhury A.K., Sethy S.S. Full-thickness peroneus longus tendon autograft for anterior cruciate reconstruction in multi-ligament injury and revision cases: outcomes and donor site morbidity. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2023;33(1):21-27. doi: 10.1007/s00590-021-03145-3.
29. He J., Tang Q., Ernst S., Linde M.A., Smolinski P., Wu S. et al. Peroneus longus tendon autograft has functional outcomes comparable to hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2021;29(9):2869-2879. doi: 10.1007/s00167-020-06279-9.
30. Shi F.D., Hess D.E., Zuo J.Z., Liu S.J., Wang X.C., Zhang Y. et al. Peroneus Longus Tendon Autograft is a Safe and Effective Alternative for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Knee Surg*. 2019;32(8):804-811. doi: 10.1055/s-0038-1669951.
31. Rhatomy S., Asikin A.I.Z., Wardani A.E., Rukmoyo T., Lumban-Gaol I., Budhiparama N.C. Peroneus longus autograft can be recommended as a superior graft to hamstring tendon in single-bundle ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019;27(11):3552-3559. doi: 10.1007/s00167-019-05455-w.
32. Phatama K.Y., Hidayat M., Mustamsir E., Pradana A.S., Dhananjaya B., Muhammad S.I. Tensile strength comparison between hamstring tendon, patellar tendon, quadriceps tendon and peroneus longus tendon: a cadaver research. *J Arthrosc Joint Surg*. 2019;6(2):114-116. doi: 10.1016/j.jajs.2019.02.003.
33. Spragg L., Chen J., Mirzayan R., Love R., Maletis G. The Effect of Autologous Hamstring Graft Diameter on the Likelihood for Revision of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med*. 2016;44(6):1475-1481. doi: 10.1177/0363546516634011.
34. Snaebjörnsson T., Hamrin Senorski E., Ayeni O.R., Alentorn-Geli E., Krupic F., Norberg F. et al. Graft Diameter as a Predictor for Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and KOOS and EQ-5D Values: A Cohort Study From the Swedish National Knee Ligament Register Based on 2240 Patients. *Am J Sports Med*. 2017;45(9):2092-2097. doi: 10.1177/0363546517704177.

Authors' information

✉ Anton S. Gofer

Address: 17, Frunze st., Novosibirsk, 630091, Russia
<https://orcid.org/0009-0000-3886-163X>
 e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

Aleksandr A. Alekperov

<https://orcid.org/0000-0003-3264-8146>
 e-mail: alecperov@mail.ru

Mikhail B. Gurazhev

<https://orcid.org/0000-0002-6398-9413>
 e-mail: tashtagol@inbox.ru

Artem K. Avdeev

<https://orcid.org/0009-0008-9147-5808>
 e-mail: avdeev.artiom@mail.ru

Vitaly L. Lukinov — Cand. Sci. (Phys.-Mat.)

<https://orcid.org/0000-0002-3411-508X>;

e-mail: vitaliy.lukinov@gmail.com

Dmitriy V. Rubtsov

<https://orcid.org/0009-0007-1490-9783>

e-mail: rubic.dv@yandex.ru

Vitaliy V. Pavlov — Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>

e-mail: pavlovdoc@mail.ru



Кожно-костная реконструкция первого пальца кисти с использованием лучевого кожно-костного комплекса тканей

Л.А. Родоманова

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»
Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Актуальность. Одним из возможных способов реконструкции I пальца при утрате его на уровне средней трети луча является кожно-костная реконструкция, которая в настоящее время осуществляется путем пересадки кровоснабжаемого кожно-костного комплекса тканей без риска резорбции костной части трансплантата.

Цель исследования — оценить эффективность кожно-костной реконструкции I пальца кисти с использованием кровоснабжаемого комплекса тканей на основе лучевой артерии.

Материал и методы. Исследование основано на изучении результатов лечения 27 пациентов, перенесших кожно-костную реконструкцию I пальца кисти с использованием лучевого кожно-костного комплекса тканей, выполненную по методике G. Foucher. Средний возраст пациентов составил $44,0 \pm 12,7$ лет. Островковый комплекс тканей был использован у 22 случаях, в 5 наблюдениях была выполнена свободная пересадка сложного комплекса тканей с другого предплечья.

Результаты. Отдаленные результаты оценивали через год после реконструкции. Во всех случаях достигнуты хорошие функциональные результаты со средним показателем по шкале DASH $44,4 \pm 10,6$ баллов. Лучшие результаты удалось получить у пациентов с культей на уровне основания основной фаланги первого пальца за счет подвижности пястно-фалангового сустава, средняя амплитуда движений которого составляла 45° . При использовании ладонного пальцевого лоскута по Littler удается достичь дискриминационной чувствительности рабочей поверхности восстанавливаемого пальца в пределах $7,5 \pm 0,9$ мм. В противном случае восстанавливается только защитная чувствительность пальца.

Заключение. Кожно-костная реконструкция первого пальца при утрате его на уровне средней трети луча является эффективным методом восстановительного лечения при невозможности использования других микрохирургических методов, таких как пересадка второго пальца или фрагмента первого пальца стопы.

Ключевые слова: I палец кисти, кожно-костная реконструкция, лучевой лоскут.

Для цитирования: Родоманова Л.А. Кожно-костная реконструкция первого пальца кисти с использованием лучевого кожно-костного комплекса тканей. *Травматология и ортопедия России*. 2024;30(1):89-98. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17485>.

Родоманова Любовь Анатольевна; e-mail: rodomanovaliubov@yandex.ru

Рукопись получена: 01.03.2024. Рукопись одобрена: 13.03.2024. Статья опубликована: 18.03.2024.

© Родоманова Л.А., 2024



Osteo-Cutaneous Reconstruction of the Thumb by Radial Composite Flap

Lyubov A. Rodomanova

Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

Abstract

Background. One of the possible ways of the thumb reconstruction when it is lost at the level of the middle third of the ray is osteo-cutaneous reconstruction, which today is carried out by transplantation of the blood-supplied composite tissue complex, which allows for reconstruction of the lost thumb without the risk of the bone graft resorption.

The aim — to evaluate the effectiveness of osteo-cutaneous reconstruction of the thumb using a blood-supplied tissue complex based on the radial artery.

Methods. The study is based on the results of the treatment of 27 patients who underwent the thumb reconstruction with a radial osteo-cutaneous tissue complex performed according to the G. Foucher' technique. The average age of the operated patients was 44 ± 12.7 years. The island tissue complex was used in 22 patients; in 5 cases, a free flap from another forearm was transplanted.

Results. Long-term results were evaluated one year after reconstruction. In all cases, good functional results were achieved with an average DASH score of 44.4 ± 10.6 points. The best results were obtained in patients with a stump at the base of the thumb proximal phalanx due to the preservation of the metacarpophalangeal joint mobility, the average volume of movements of which was 45° . When using Littler's flap, it is possible to achieve a 2PD of the working surface of the restored thumb within 7.5 ± 0.9 mm. Otherwise, only the protective sensitivity is restored.

Conclusions. The osteo-cutaneous reconstruction of the thumb when it is absent at the level of the middle third of the ray is an effective method of reconstruction if it is impossible to use other microsurgical methods, such as transplantation of the second toe or the fragment of the great toe.

Keywords: thumb, osteo-cutaneous reconstruction, radial artery flap.

Cite as: Rodomanova L.A. Osteo-Cutaneous Reconstruction of the Thumb by Radial Composite Flap. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2024;30(1):89-98. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17485>.

✉ Lyubov A. Rodomanova; e-mail: rodomanovaliubov@yandex.ru

Submitted: 01.03.2024. Accepted: 13.03.2024. Published Online: 18.03.2024.

© Rodomanova L.A., 2024

ВВЕДЕНИЕ

Первый палец имеет большое значение для кисти, обеспечивая 40–50% ее функции за счет возможности противопоставления при выполнении захватов предметов, как кулачного, так и щипкового [1, 2]. При этом I палец должен быть адекватной длины, которая позволила бы в положении приведения его ко II пальцу достигать по крайней мере середины проксимальной фаланги последнего. Поэтому укорочение первого пальца до уровня шейки основной фаланги уже приводит к функциональному дефициту и, следовательно, требует реконструкции [3].

К функциональным требованиям, предъявляемым к реконструированному I пальцу, относятся адекватные длина и подвижность, способность к противопоставлению, стабильность и чувствительность, а также отсутствие боли и адекватный кожный покров. Кроме того, желателен приемлемый внешний вид и минимальные последствия для донорской зоны [3, 4].

В настоящее время самыми популярными методами реконструкции утраченного первого пальца являются микрохирургическая пересадка пальцев стопы, поллицизация (обычно второго пальца или культи другого длинного пальца кисти), а также кожно-костная реконструкция. Кроме того, современное состояние протезирования позволяет использовать экзопротез I пальца при короткой его культе в случае невозможности выполнить оперативное вмешательство или даже после реконструкции с целью придания более эстетичного внешнего вида кисти [4, 5]. Выбор способа реконструкции определяется главным образом уровнем утраты первого луча. G. Lister делил первый луч на четыре зоны: I — дистальная треть, дистальнее межфалангового сустава; II — средняя треть, или субтотальный дефект, — от уровня шейки пястной кости до межфалангового сустава; III — проксимальная треть, или тотальный дефект, с сохранением базального сустава; IV — тотальный дефект без сохранения базального сустава [3]. Для каждого уровня утраты первого луча есть предпочтительные методы реконструкции [2, 3, 4].

При культе первого луча на уровне средней трети одним из применяемых методов восстановления является кожно-костная реконструкция. В 1897 г. С. Nicoladoni в деталях разработал и описал методику кожно-костной реконструкции первого пальца кисти [цит. по 6]. Классическим является способ, включающий четыре этапа, выполняемые с интервалом в 3–5 нед. В качестве костной основы реконструируемого пальца использовали аутооттрансплантаты из гребня большеберцовой кости, крыла подвздошной кости,

ребер, а также трубчатые костные трансплантаты из резецируемых пястных и плюсневых костей [6, 7]. Несмотря на получаемые во всех случаях благоприятные ближайшие результаты, авторы, располагающие большим числом наблюдений, указывали на резорбцию дистального отдела пересаженного костного аутооттрансплантата, которая может достигать 30–54% от его исходных размеров [7, 8]. С внедрением в клиническую практику микрохирургических технологий возможности хирургов в отношении реконструкции I пальца значительно расширились.

Поиски способов усовершенствования известных ранее методов реконструкции I пальца привели к тому, что в 1983 г. E. Viemer описал одноэтапный способ кожно-костной реконструкции I пальца сложным островковым кожно-костным лоскутом на основе лучевой артерии. Особенностью этой методики является то, что в трансплантат включается кровоснабжаемый фрагмент диафизарной части лучевой кости размерами до половины ее поперечника, что связано с риском перелома лучевой кости в донорской зоне. Выделение трансплантата в средней трети предплечья обеспечивает возможность безопасного заимствования тканей достаточного размера, донорская рана укрывается расщепленным трансплантатом и хорошо заживает. Сосудистая ножка имеет достаточную длину для ротации [9].

В 1984 г. G. Foucher с соавторами описали другой способ одноэтапной кожно-костной реконструкции I пальца с использованием лучевого кожно-костного лоскута. Лоскут по методике G. Foucher с соавторами выкраивают в дистальной трети предплечья, включают фрагмент лучевой кости из дистального метаэпифиза на постоянной крупной питающей артерии, сосудистую ножку выделяют дистально до анатомической табакерки. Трансплантат проводят под сухожилиями короткого разгибателя первого пальца и длинной отводящей мышцы. Точка ротации расположена в первом межпястном промежутке. Чувствительность рабочей поверхности восстанавливают путем перемещения островкового ладонного лоскута с IV пальца (одномоментно или в отсроченном порядке) [10].

Цель исследования — оценить эффективность кожно-костной реконструкции I пальца кисти с использованием кровоснабжаемого комплекса тканей на основе лучевой артерии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В клинике Центра реконструкция I пальца с использованием лучевого кожно-костного комплекса тканей выполнена 27 пациентам (табл. 1).

Таблица 1

**Пациенты, перенесшие кожно-костную реконструкцию первого пальца лучевым
кожно-костным лоскутом**

№	Пол	Возраст, лет	Отсутствующие пальцы	Сторона повреждения	Уровень кульги	Способ	Островковый чувствительный	Осложнения	Дополнительная операция
1	м	55	I, VI-V	прав.	П	Н	нет	нет	нет
2	м	51	I	лев.	О	Н	нет	Парез лучевого нерва	нет
3	м	34	I и II	лев.	П	Н	нет	нет	нет
4	ж	53	I	прав.	П	Н	да	нет	нет
5	м	48	I	прав.	О	Н	да	нет	нет
6	м	57	I, III-V	лев.	О	С	нет	нет	нет
7	м	29	I-V	лев.	О	Н	нет	нет	Пересадка II пальца стопы в позицию IV пальца
8	м	29	I-V	лев.	О	Н	нет	нет	Транспозиция культей V и II пальцев на культю III и IV
9	м	28	I-V	прав.	П	Н	нет	нет	Блок II-III пальцев стопы
10	м	46	I и III	лев.	П	Н	нет	нет	нет
11	м	63	I	лев.	П	Н	да	Тромбоз лучевой артерии	Ревизия, резекция, анастомоз
12	м	52	I	прав.	П	Н	да	нет	нет
13	м	52	I-V	лев.	О	Н	нет	нет	нет
14	ж	35	I-V	прав.	П	Н	нет	нет	нет
15	м	50	I	прав.	О	Н	нет	нет	нет
16	м	54	I	прав.	П	Н	нет	нет	нет
17	м	33	I и II	лев.	О	С	нет	нет	нет
18	м	53	I	лев.	О	Н	нет	нет	нет
19	м	23	I-III	прав.	О	С	нет	нет	нет
20	м	61	I	лев.	П	С	нет	нет	нет
21	м	53	I	прав.	О	Н	да	нет	нет
22	м	28	I	лев.	О	Н	да	нет	нет
23	м	52	I и III-IV	лев.	О	Н	нет	нет	нет
24	ж	59	I	лев.	О	Н	да	нет	нет
25	м	35	I	прав.	П	Н	нет	нет	нет
26	ж	34	I	лев.	О	Н	да	нет	нет
27	м	21	I-V	лев.	О	С	нет	нет	Блок II-III пальцев стопы

П – пястная фаланга; О – основная фаланга; Н – несвободный (островковый); С – свободный.

Среди них 85,2% ($n = 23$) составляли мужчины, 14,8% ($n = 4$) — женщины. Средний возраст оперированных больных равнялся $44,0 \pm 12,7$ годам, самому молодому был 21 год, а самому старшему — 63 года. У 11 (40,7%) пациентов была повреждена правая кисть, у 16 (59,3%) — левая. По количеству отсутствующих пальцев на кисти распределение было следующим: у 14 (51,9%) пациентов отсутствовал только I палец, у 3 (11,1%) не хватало двух пальцев, у 3 (11,1%) больных отсутствовали три пальца, у одного (3,7%) пациента сохранился только один трехфаланговый палец и у 6 (22,2%) больных отсутствовали все пальцы.

Показанием к выполнению кожно-костной реконструкции I пальца в серии наших наблюдений были следующие особенности повреждений и состояния пациента: наличие культи первого пальца кисти на уровне основания основной фаланги или пястно-фалангового сустава; отсутствие возможности использовать второй палец стопы или какой-либо из пальцев кисти для реконструкции; пожилой возраст; наличие сопутствующей сердечно-сосудистой патологии; несогласие пациента на другой вид реконструкции; наличие беспалой кисти и двухсторонние повреждения.

Оценку результатов лечения пациентов осуществляли по опроснику DASH (The Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand). Этот опросник основан на самооценке пациентом функциональных возможностей руки, которая при наличии культи I пальца во многом зависит от состояния остальных пальцев кисти, а также другой конечности. Показатели по опроснику DASH в группе исследуемых пациентов варьировали от 26 до 57 баллов, что в среднем составило $44,4 \pm 10,6$ баллов и расценивалось как хороший результат.

У всех пациентов первый луч был утрачен на уровне средней трети, в проксимальной ее части, то есть на уровне основания основной фаланги ($n = 18$; 66,7%) или головки пястной кости ($n = 9$; 33,3%).

Во всех случаях был использован лучевой кожно-костный лоскут: в 22 (81,5%) случаях в виде островкового комплекса тканей и в остальных 5 (18,5%) наблюдениях в свободном варианте.

В большинстве случаев (81,5%) реконструктивную операцию выполняли под проводниковой анестезией у тех больных, у которых использовали островковый комплекс тканей. В остальных 18,5% наблюдений производили свободную пересадку комплекса тканей с другого предплечья под эндотрахеальным наркозом. Средняя продолжительность вмешательства при свободной пересадке кожно-костного трансплантата составила $5,8 \pm 1,2$ ч., а при несвободной пластике островковыми лоскутами на периферической сосудистой ножке — $3,0 \pm 0,7$ ч. Важнейшим условием, определяющим возможность восстановления I пальца кисти лу-

чевым кожно-костным лоскутом предплечья, является целостность локтевой артерии, обеспечивающей ретроградное кровоснабжение трансплантата, выделенного на осевом лучевом сосудистом пучке, а также наличие и сохранность как минимум одной из двух ладонных артериальных дуг — поверхностной или глубокой. В тех случаях, когда целостность лучевой артерии была нарушена, одномоментная кожно-костная реконструкция I пальца кисти осуществлялась посредством свободной пересадки кожно-костного лучевого лоскута, выделенного на другом предплечье. Важно, что в этом случае трансплантат формируют на проксимальной питающей сосудистой ножке, и поэтому возможна его реиннервация за счет включения в состав трансплантата латерального кожного нерва предплечья.

Всем 27 пациентам, перенесшим кожно-костную реконструкцию лучевым кожно-костным лоскутом, операцию выполняли по методике, описанной G. Foucher [10]. При планировании лоскута для определения размеров трансплантата необходимо соблюдать определенные правила. Длина костной части трансплантата должна равняться длине первого пальца здоровой кисти за вычетом 1 см и длины культи основной фаланги (костная часть лоскута треугольной формы в поперечнике со сторонами 1×1 см, длина от 4 до 6 см). Размеры кожной части трансплантата должны быть следующими: ширина дистальной части лоскута равняется длине окружности культи плюс 2 см; длина кожной части лоскута должна на 2 см превышать продольный размер костной его части; ширина проксимальной части лоскута должна быть на 2 см меньше ширины дистальной части лоскута. Точка ротации планируется в «анатомической табакерке». С целью определения расположения основания лоскута от точки ротации в проксимальном направлении откладывают расстояние, равное величине дистанции от конца культи пальца до точки ротации, и добавляют еще 1–2 см. Лоскут планируют таким образом, чтобы линия проекции лучевых сосудов располагалась по его средней линии. Лоскут имеет форму трапеции, и его ширина будет меньше на 2 см, если планируется одновременно выполнить пересадку ладонного пальцевого лоскута.

Восстановление чувствительности рабочей поверхности вновь сформированного I пальца кисти при использовании островкового кожно-костного лучевого лоскута, выделенного на дистальной сосудистой ножке, обеспечивали путем одномоментного или отсроченного перемещения дополнительного островкового ладонного пальцевого лоскута с III или IV пальца кисти. Только в 8 (29,6%) наблюдениях, помимо островкового кожно-костного лоскута, был использован ладонный пальцевой

лоскут с III или IV пальца для замещения ладонной поверхности нового пальца, в остальных 19 (70,4%) случаях никакой дополнительной лоскут не применялся. Клинический пример успешной реконструкции I пальца кисти островковым кожно-костным лучевым лоскутом представлен на рисунке 1.

Во всех случаях достигнуто полное приживление трансплантата. Осложнения возникли только у двух пациентов: в одном наблюдении в послеоперационном периоде развился парез лучевого нерва вследствие сдавления жгутом на уровне пле-

ча, который купировался в течение 2 мес., функция восстановилась полностью на фоне консервативной терапии. В другом наблюдении в 1-е сут. после операции развился тромбоз лучевой артерии, что потребовало ревизионного вмешательства. Причиной тромбоза оказалась атеросклеротическая бляшка на уровне перегиба развернутой лучевой артерии, участок артерии был резецирован, выполнен ее анастомоз с полным восстановлением кровотока в трансплантате и полным приживлением его.



Рис. 1. Клинический пример успешной кожно-костной реконструкции I пальца лучевым кожно-костным лоскутом: а — вид до операции; б — рентгенограмма до операции; с — выделен кожно-костный лучевой лоскут и ладонный-пальцевой лоскут с IV пальца; д — рентгенограмма после операции; е — рентгенограммы через год после операции; ф — вид кисти и функция через год после операции

Fig. 1. The clinical example of the osteo-cutaneous reconstruction of the thumb finger: а — the hand before surgery; б — X-ray of the hand before surgery, thumb lost at the proximal phalanx base; с — prepared osteo-cutaneous flap on the radial vascular bundle and the palmar island flap from the IV finger; д — X-ray of the hand after surgery; е — X-ray of the reconstructed thumb a year after the surgery; ф — appearance and function of the hand one year after surgery

Для восстановления функции кисти четырем пациентам с беспалой кистью потребовались дополнительные вмешательства: двум больным была выполнена пересадка блока II–III пальцев стопы,

одному — транспозиция культей соседних пальцев на культю III и IV пальцев и в одном случае — пересадка II пальца стопы. Клинический пример реконструкции беспалой кисти представлен на рисунке 2.

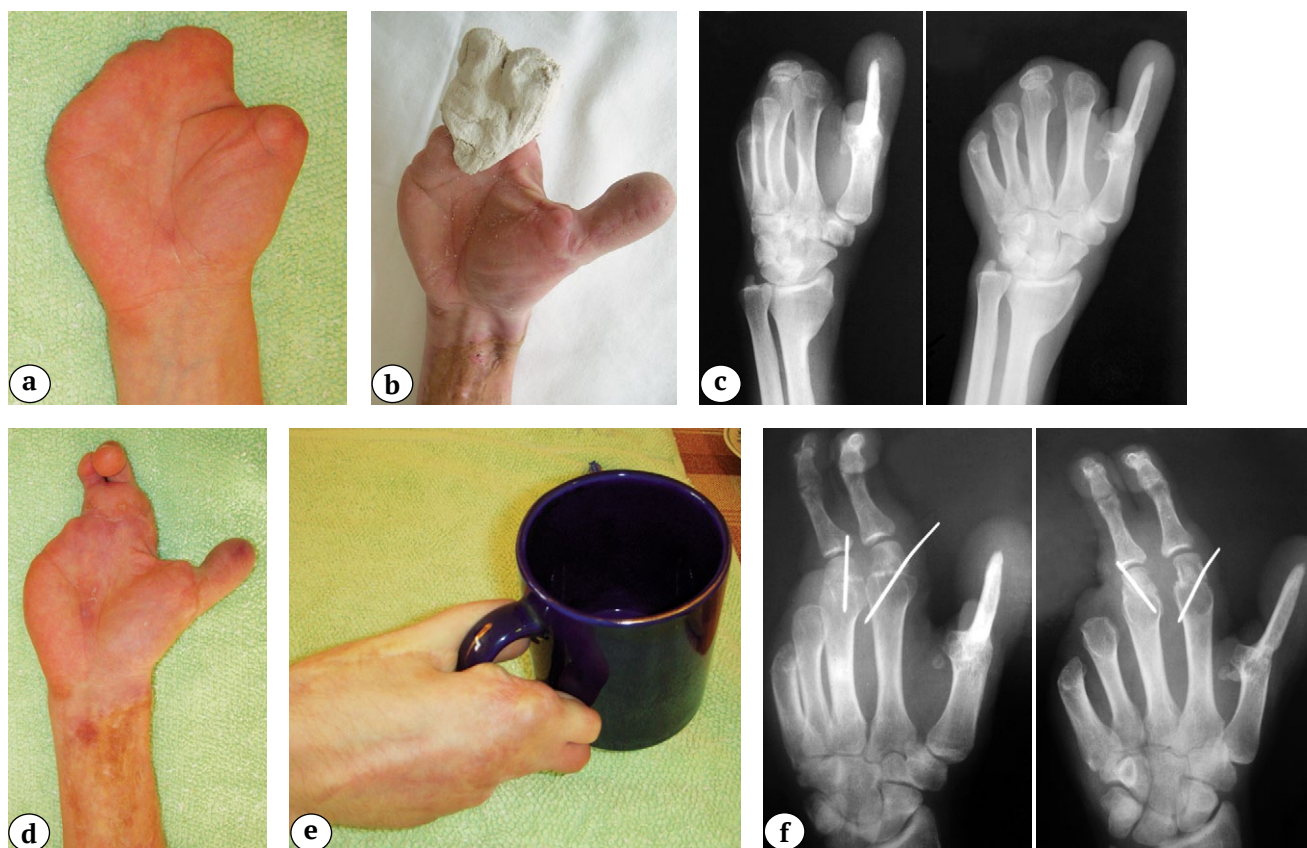


Рис. 2. Клинический пример реконструкции беспалой кисти: а — внешний вид кисти до реконструкции; б — внешний вид кисти после кожно-костной реконструкции I пальца и подготовки к пересадке блока II–III пальцев стопы; с — рентгенограммы кисти через год после кожно-костной реконструкции I пальца; д — внешний вид кисти через 6 мес. после пересадки блока II–III пальцев стопы; е — функция кисти через 6 мес. после реконструкции; ф — рентгенограммы кисти после пересадки блока II–III пальцев стопы

Fig. 2. The clinical example of the metacarpal hand reconstruction: а — view of the hand before reconstruction; б — view of the hand after the osteo-cutaneous reconstruction of the thumb and preparing for II–III toes transplantation; с — X-ray of the hand a year after the thumb reconstruction; д — view of the hand 6 months after the II–III toes transplantation; е — the function of the hand 6 months after reconstruction; ф — X-rays of the hand after the block of II–III toes transplantation

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сращение у всех пациентов, перенесших кожно-костную реконструкцию I пальца кисти, достигнуто через 8 нед. после операции. После удаления спиц пациенты проходили реабилитационное лечение. Контрольные рентгенограммы выполняли через 6 мес. после операции. Во всех случаях резорбции костной части трансплантата не было выявлено, сформирована кортикальная пластинка. На момент осмотра (в среднем через год) оценивали функцию кисти, в частности определяли возможные виды схватов, состояние кожи реконструированного пальца, а также чувствительность на

рабочей его поверхности и внешний вид пальца и донорской зоны.

У пациентов с культей I пальца на уровне основной фаланги функция была следующей: ОАД (общая амплитуда движений) — 45°; противопоставление на V палец; все виды захватов; невозможность захвата мелких предметов из-за избыточной подвижности кожи торца пальца. У больных с культей на уровне пястной кости функция реконструированного I пальца определялась только подвижностью седловидного сустава и была следующей: отведение, противопоставление на II и III пальцы; все виды захватов; невозможность захва-

та мелких предметов из-за избыточной подвижности кожи торца пальца. Чувствительность восстановленного I пальца зависела от особенностей вмешательства, а именно: в тех случаях, где дополнительно выполняли транспозицию ладонного лоскута с III или IV пальца по Littler, дискриминационная чувствительность варьировала в пределах 7–10 мм и в среднем составляла $7,5 \pm 0,9$ мм. В остальных наблюдениях дискриминационная чувствительность была 15 мм, однако присутствовала температурная, болевая и проприоцептивная чувствительность. Непереносимости холода не отмечено ни в одном случае.

Внешний вид пальца, не удовлетворяющий пациента, был выявлен только в двух случаях: в одном отмечен избыточный объем, а в другом — избыточная длина (рис. 3).

В донорской зоне ни в одном случае не выявлено грубых рубцов или деформации (рис. 4).



Рис. 3. Клинические примеры неудовлетворительного внешнего вида реконструированного I пальца

Fig. 3. The unsatisfactory aesthetic result of thumb reconstruction



Рис. 4. Внешний вид и рентгенограмма донорской зоны через год после реконструкции

Fig. 4. View and X-ray of the donor area one year after reconstruction

ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на длительную историю реконструкции утраченного I пальца, проблема актуальна до сих пор. С внедрением в клиническую практику микрохирургических технологий реплантация отчлененного I пальца стала обычным вмешательством, успех которого зависит от механизма травмы и, по данным литературы, варьирует в пределах 55–93% [11, 12]. Поскольку самым эффективным методом восстановления I пальца при его отчленении является реплантация, позволяющая в случае приживления добиться отличных функциональных и эстетических результатов, попытка реплантации должна предприниматься всегда, если нет абсолютных к ней противопоказаний, таких как полное разрушение отчлененного сегмента или выраженные повреждения кисти, не позволяющие выполнить реплантацию. При значительных повреждениях кисти, но удовлетворительном состоянии отчлененного I пальца, описаны примеры временной эктопической реплантации, позволяющие сохранить палец и выполнить его ортотопическую фиксацию в отсроченном порядке [13, 14].

При невозможности или безуспешности реплантации утрата I пальца на уровне пястно-фалангового сустава является абсолютным показанием к реконструкции, которая может быть выполнена как первичное вмешательство или в отсроченном порядке. Для указанного уровня утраты первого луча описаны различные восстановительные вмешательства: кожно-костная реконструкция, полицизация травмированного трехфалангового пальца кисти (культы или при наличии другого его повреждения, исключающего возможность восстановления функции), дистракционное удлинение, пересадка I или II пальцев стопы, а также пересадка их комбинации [13, 15]. Лучшие функциональные и косметические результаты удается получить при выполнении пересадки пальцев стопы, а также полицизации поврежденного трехфалангового пальца кисти. Однако следует отметить, что ситуация, когда, помимо утраченного I пальца, есть поврежденный трехфаланговый палец кисти, встречается нечасто [15, 16]. Пересадка пальцев стопы — технически сложная операция и требует специального оснащения и навыков хирурга. Кроме того, существует ряд противопоказаний, препятствующих выполнению такого вмешательства. В частности, это повреждения стопы в анамнезе, наличие тяжелой сопутствующей патологии, в том числе облитерирующие заболевания сосудов, возраст старше 60 лет, а также несогласие больного на использование стопы в качестве донорской зоны. Альтернативой в такой ситуации может стать кожно-костная реконструкция, кото-

рая позволяет восстановить длину и стабильность пальца, а также возможность его противопоставления при выполнении реконструкции на уровне средней трети луча. Недостатком метода является несоответствие внешнего вида нормальному I пальцу и нередко требующиеся повторные оперативные вмешательства с целью коррекции пальца [17]. В литературе описаны несколько современных вариантов кожно-костной реконструкции I пальца. Чаще всего мягкотканый компонент представлен несвободным паховым лоскутом, а в качестве костной основы используют фрагмент гребня подвздошной кости [17, 18, 19]. Описаны также единичные случаи кожно-костной реконструкции с применением других кровоснабжаемых сложных комплексов тканей, которые позволяют восстановить палец путем выполнения одного вмешательства: свободного кожно-костного латерального лоскута плеча [20], островкового кожно-костного комплекса тканей на второй тыльной пястной артерии [21], островкового кожно-костного лоскута предплечья на задней межкостной артерии [22].

Большинство авторов при выполнении одномоментной кожно-костной реконструкции используют в качестве пластического материала лучевой кожно-костный комплекс тканей, и реконструкцию выполняют по методике, описанной E. Viemer в 1983 г. [7, 17, 18, 20, 21, 23, 24]. Поскольку костную часть трансплантата заимствуют из диафиза лучевой кости, велик риск перелома кости в донорской зоне [18, 16], а трансплантат представляет собой сектор трубчатой кости (двукортикальный срез), который сложно фиксировать к культe первого луча. Методика, описанная G. Foucher, на наш взгляд, обладает рядом преимуществ, которые заключаются в том, что донорской зоной является метаэпифиз лучевой кости, включающий

губчатую ткань, и имеет крупную постоянную питающую сосудистую ветвь, идущую от лучевой артерии через квадратный пронатор к кости. Эти преимущества обеспечивают хорошее кровоснабжение костной основы нового пальца, а также лучшие условия фиксации и снижение вероятности перелома донорской кости. Тем не менее, эта методика практически не используется. Ни одной публикации, касающейся одномоментной кожно-костной реконструкции первого пальца кисти по методике G. Foucher, найти не удалось.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кожно-костная реконструкция первого пальца с использованием лучевого кожно-костного лоскута показана при утрате I пальца на уровне основной фаланги пациентам, которым по каким-либо причинам невозможно выполнить пересадку пальца со стопы. Метод позволяет получить хороший функциональный и косметический результаты без риска резорбции костной основы пальца. При планировании кожно-костной реконструкции лучевым кожно-костным лоскутом размер костного фрагмента должен быть выбран таким образом, чтобы после фиксации его с культей основной фаланги I пальца длина «пальца» была на 0,5–1 см меньше длины здорового первого пальца. Соблюдение этого правила дает возможность получить хороший косметический результат. Лучшие результаты удается достичь при восстановлении рабочей поверхности реконструированного пальца ладонным пальцевым лоскутом с III или IV пальца кисти. При отсутствии ретроградного кровотока по лучевой артерии вследствие ее повреждения или незамкнутости ладонных дуг кожно-костная реконструкция может быть выполнена свободным лучевым кожно-костным лоскутом с другого предплечья.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Возможный конфликт интересов. Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Автор получил письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных и изображений.

DISCLAIMERS

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patients for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Moran S.L., Berger R.A. Biomechanics and hand trauma: what you need. *Hand Clin.* 2003;19(1):17-31. doi: 10.1016/s0749-0712(02)00130-0.
- Del Piñal F. Thumb Reconstruction. In: Green's Operative Hand Surgery. 8th ed. Elsevier Health Sciences; 2022. p. 1849-1905.
- Lister G. The choice of procedure following thumb amputation. *Clin Orthop Relat Res.* 1985;(195):45-51.
- Tse R., Laub D.R., Hentz V.R.Jr. Thumb Reconstruction. In: Plastic surgery secrets. Ed. J. Weinzeig. 2nd ed. p. 851-854.
- Li Y., Kulbacka-Ortiz K., Caine-Winterberger K., Brånemark R. Thumb Amputations Treated With Osseointegrated Percutaneous Protheses With Up to 25 Years of Follow-up. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev.* 2019;3(1):e097. doi: 10.5435/JAOSGlobal-D-18-00097.
- Littler J.W. On making a thumb: one hundred years of surgical effort. *Hand Surg Am.* 1976;1(1):35-51. doi: 10.1016/s0363-5023(76)80024-x.
- Азолов В.В. Медицинская реабилитация больных с термическими повреждениями. Горький; 1981. с. 89-96.
Azolov V.V. Medical rehabilitation of patients with thermal injuries: Collection of scientific papers. Gorky; 1981. p. 89-96.
- Азолов В.В., Александров Н.М. Эффективность реконструкции пальцев кисти при последствиях травм различной этиологии. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2004;11(2):82-88. doi: 10.17816/vto200411282-88.
Azolov V.V., Alexandrov N.M. Effectiveness of finger reconstruction in the consequences of injuries of various etiologies. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2004;11(2):82-88. doi: 10.17816/vto200411282-88. (In Russian).
- Biemer E., Stock W. Total thumb reconstruction: a one-stage reconstruction using an osteo-cutaneous forearm flap. *Br J Plast Surg.* 1983;36(1):52-55. doi: 10.1016/0007-1226(83)90011-5.
- Foucher G., Van Genechten F., Merle M., Michon J. Single stage thumb reconstruction by a composite forearm island flap. *J Hand Surg Br.* 1984;9(3):245-248. doi: 10.1016/0266-7681(84)90033-0.
- Mulders M.A., Neuhaus V., Becker S.J., Lee S.G., Ring D.C. Replantation and revascularization vs. amputation in injured digits. *Hand (N Y).* 2013;8(3):267-273. doi: 10.1007/s11552-013-9520-y.
- Moazin O.M., Bhat T.A., Suraya F., Alelyani R.H., Assad M., Alazzmi H.A. et al. Spiral Wrap-Around Technique in the Reverse Radial Artery Fasciocutaneous Forearm Flap for Thumb Reconstruction: A Report of An Innovative Technique. *Cureus.* 2023;15(12):e50999. doi: 10.7759/cureus.50999.
- Del Piñal F., Pennazzato D., Urrutia E. Primary Thumb Reconstruction in a Mutilated Hand. *Hand Clin.* 2016;32(4):519-531. doi: 10.1016/j.hcl.2016.07.004.
- Erçin B.S., Kabakaş F., Tatar B.E., Keleş M.K., Özçelik I.B., Mensa B. et al. Salvage of Devascularized and Amputated Upper Extremity Digits with Temporary Ectopic Replantation: Our Clinical Series. *J Invest Surg.* 2022;35(7):1451-1461. doi: 10.1080/08941939.2022.2062497.
- Валеев М.М., Гарапов И.З., Бикташева Э.М. Микрохирургические технологии при травматическом дефекте первого пальца кисти. *Креативная хирургия и онкология.* 2019;9(1):44-49. doi: 10.24060/2076-3093-2019-9-1-44-49.
Valeev M.M., Garapov I.Z., Biktasheva E.M. Microsurgery Techniques for Patients with Traumatic Thumb Amputation. *Creative Surgery and Oncology.* 2019;9(1):44-49. doi: 10.24060/2076-3093-2019-9-1-44-49. (In Russian).
- Friedrich J.B., Vedder N.B. Thumb reconstruction. *Clin Plast Surg.* 2011;38(4):697-712. doi: 10.1016/j.cps.2011.08.002.
- Graham D., Bhardwaj P., Sabapathy S.R. Secondary Thumb Reconstruction in a Mutilated Hand. *Hand Clin.* 2016;32(4):533-547. doi: 10.1016/j.hcl.2016.07.005.
- Александров Н.М., Петров С.В. Реконструкция пальцев кисти с использованием традиционных и микрохирургических методик. *Травматология и ортопедия России.* 2010;16(3):111-117. doi: 10.21823/2311-2905-2010-0-3-111-117.
Alexandrov N.M., Petrov S.V. Reconstruction of the hand fingers using traditional and microsurgical techniques. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2010;16(3):111-117. doi: 10.21823/2311-2905-2010-0-3-111-117. (In Russian).
- Lin C.H., Mardini S., Lin Y.T., Lin C.H., Chen C.T., Wei F.C. Osteoplastic thumb ray restoration with or without secondary toe transfer for reconstruction of opposable basic hand function. *Plast Reconstr Surg.* 2008;121(4):1288-1297. doi: 10.1097/01.prs.0000302457.59356.fc.
- Martin J., Taqatqeh F., Dragu A., Notov D., Fritzsche H., Grigorescu O. et al. Thumb reconstruction after radical tumor resection using free osteocutaneous lateral arm flap with secondary humerus fracture-a case report. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2023;143(3):1725-1729. doi: 10.1007/s00402-022-04623-x.
- Givissis P., Stavridis S.I., Ditsios K., Christodoulou A. One-stage thumb lengthening with use of an osteocutaneous 2nd metacarpal flap. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2009;4(3):135-139. doi: 10.1007/s11751-009-0074-z.
- Costa H., Smith R., McGrouther D.A. Thumb reconstruction by the posterior interosseous osteocutaneous flap. *Br J Plast Surg.* 1988;41(3):228-233. doi: 10.1016/0007-1226(88)90105-1.
- Cheema T.A., Miller S. One-stage osteoplastic reconstruction of the thumb. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 2009;13(3):130-133. doi: 10.1097/BTH.0b013e3181a819ed.
- Gang R.K., Makhlof S. One-Stage Reconstruction of the Thumb Using an Osteo-cutaneous Radial Artery Forearm Flap. *Eur J Plast Surg.* 1986;9:79-81.

Сведения об авторе

✉ Родоманова Любовь Анатольевна — д-р мед. наук, профессор
Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, д. 8
<https://orcid.org/0000-0003-2402-7307>
e-mail: rodomanovaliubov@yandex.ru

Author's information

✉ Lyubov A. Rodomanova — Dr. Sci. (Med.), Professor
Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427, Russia
<https://orcid.org/0000-0003-2402-7307>
e-mail: rodomanovaliubov@yandex.ru



Возможности динамической инфракрасной термографии для планирования и мониторинга перфорантных лоскутов

В.С. Мельников^{1,3}, В.Э. Дубров², А.С. Зелянин^{1,2}, Ю.В. Бабаева³,
А.А. Пашковская¹, И.С. Жалялов^{1,2}

¹ ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.С. Юдина ДЗМ», г. Москва, Россия

² ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», г. Москва, Россия

³ ФGAOU ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет)» Минздрава России, г. Москва, Россия

Реферат

Актуальность. Свободные перфорантные лоскуты считаются наиболее оптимальными для реконструкции конечностей. Однако, наряду с очевидными преимуществами этих лоскутов, существует ряд трудностей, связанных со сложной сосудистой анатомией и трудоемкой диссекцией. Это обуславливает необходимость тщательной предоперационной подготовки, включающей картирование перфорантных сосудов и разработку дизайна лоскута. Наряду с этим не решены проблемы с интраоперационной оценкой перфузии перфорантных лоскутов и их мониторингом в послеоперационном периоде. Для этого используется ряд инструментальных методов обследования, таких как МРТ и КТ-ангиография, доплерография, ICG и динамическая инфракрасная термография (ДИТ).

Цель — оценить возможности динамической инфракрасной термографии для картирования перфорантных сосудов при планировании дизайна перфорантных лоскутов, а также для определения их интра- и послеоперационной перфузии.

Материал и методы. Проведен анализ результатов использования ДИТ, КТ-ангиографии и звуковой доплерографии для предварительного картирования перфорантных сосудов при разработке дизайна 18 перфорантных лоскутов (ALT — 10, SCIP — 8) пересаженных 15 пациентам с 01.01.2022 по 30.07.2022. Также ДИТ использовалась во всех случаях для инструментального подтверждения перфузии лоскутов интраоперационно и для их мониторинга в послеоперационном периоде.

Результаты. В общей сложности при помощи КТ-ангиографии были идентифицированы 39 перфорантных сосудов. С использованием ДИТ были обнаружены дистальные отделы 37 перфорантных сосудов у 15 пациентов при разметке 18 лоскутов, в среднем 2,5 на каждый лоскут ALT и 1,4 — на каждый лоскут SCIP. Время термографического исследования составляло около 10 мин. Во время операции перфузия всех пересаженных лоскутов была подтверждена при помощи ДИТ. В послеоперационном периоде в 3 (16%) лоскутах были клинически выявлены и подтверждены при помощи ДИТ проблемы с перфузией. У двух (13%) пациентов с ИМТ более 35 не удалось определить расположение перфорантных сосудов при помощи термографии и звуковой доплерографии. У этих пациентов ДИТ была неинформативна для подтверждения перфузии лоскутов интраоперационно и в послеоперационном периоде.

Заключение. КТ-ангиография, звуковая доплерография и динамическая инфракрасная термография являются взаимодополняющими методами обнаружения и визуализации перфорантных артерий. Динамическая инфракрасная термография является также вспомогательным методом для мониторинга лоскутов в интра- и послеоперационном периодах.

Ключевые слова: динамическая инфракрасная термография, КТ-ангиография, звуковая доплерография, перфорантный лоскут, микрохирургическая реконструкция конечностей.

Для цитирования: Мельников В.С., Дубров В.Э., Зелянин А.С., Бабаева Ю.В., Пашковская А.А., Жалялов И.С. Возможности динамической инфракрасной термографии для планирования и мониторинга перфорантных лоскутов. *Травматология и ортопедия России*. 2024;30(1):99-109. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17460>.

Жалялов Ильяс Сайярович; e-mail: bratil8@gmail.com

Рукопись получена: 12.02.2024. Рукопись одобрена: 07.03.2024. Статья опубликована: 18.03.2024.

© Мельников В.С., Дубров В.Э., Зелянин А.С., Бабаева Ю.В., Пашковская А.А., Жалялов И.С., 2024



Capabilities of Dynamic Infrared Thermography for Planning and Monitoring of Perforating Flaps

Viktor S. Melnikov^{1,3}, Vadim E. Dubrov², Alexander S. Zelyanin^{1,2}, Julia V. Babaeva³, Anna A. Pashkovskaya¹, Ilyas S. Zhalyalov^{1,2}

¹ Moscow City Clinical Hospital named after S.S. Yudin, Moscow, Russia

² Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

³ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

Abstract

Background. Free perforating flaps are the most optimal for reconstruction of both upper and lower extremities. However, along with the obvious advantages of these flaps, there are also a number of difficulties associated with their more complex vascular anatomy and, as a consequence, more time-consuming dissection. This determines the need for a more thorough preoperative planning, including the mapping of perforating vessels and development of flap design. At the same time, the problems with intraoperative assessment of perfusion of perforating flaps and their monitoring in the postoperative period have not been solved. For these purposes, several instrumental methods of examination such as MRI and CT angiography, Doppler sonography, ICG and dynamic infrared thermography are used.

Aim of the study — to evaluate the capabilities of dynamic infrared thermography (DIT) for mapping of perforating vessels when planning the design of perforating flaps, as well as for assessing their intra- and postoperative perfusion.

Methods. We have analyzed the results of using DIT along with CT-angiography and Doppler sonography for preliminary mapping of perforating vessels in the design of 18 perforating flaps (ALT flap — 10, SCIP flap — 8) transplanted in 15 patients from 01.01.2022 to 30.07.2022. DIT was also used in all cases for intraoperative instrumental confirmation of flap perfusion and for its monitoring in the postoperative period.

Results. A total of 39 perforating vessels were detected by CT angiography at the point of origin from the main arteries. DIT was used to detect the distal portions of 37 perforating vessels in 15 patients at the marking of 18 flaps. On average, 2.5 per ALT flap and 1.4 per SCIP flap. Thermographic examination time was approximately 10 minutes. Localization of all perforating vessels detected by DIT were first confirmed by Doppler sonography and then visualized intraoperatively during flap dissection. Intraoperatively, perfusion of all transplanted flaps was clearly confirmed by DIT. In the postoperative period, perfusion problems were clinically detected in 3 (16%) flaps and confirmed by DIT: venous stasis — 2 cases, arterial insufficiency — 1 case. In two patients (13%) with a body mass index of more than 35 (corresponding to class 2–3 obesity), the location of perforating vessels could not be determined by thermography and Doppler sonography. Also, in these patients DIT was ineffective for confirmation of flap perfusion intraoperatively and in the postoperative period.

Conclusion. This study confirms that CT angiography, Doppler sonography and infrared thermography are complementary methods that allow to detect and visualize perforating arteries from their origin from a main artery to the site of their passage through the deep fascia (CT-angiography), as well as to determine their more accurate projection on the skin surface (DIT and Doppler sonography). DIT is also an auxiliary method for flap monitoring in the intraoperative and postoperative periods, which allows to engage nursing staff in postoperative monitoring.

Keywords: dynamic infrared thermography, CT angiography, perforant flaps, microsurgical limbs reconstructive, Doppler sonography.

Cite as: Melnikov V.S., Dubrov V.E., Zelyanin A.S., Babaeva Ju.V., Pashkovskaya A.A., Zhalyalov I.S. Capabilities of Dynamic Infrared Thermography for Planning and Monitoring of Perforating Flaps. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2024;30(1):99-109. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17460>.

✉ Ilyas S. Zhalyalov; e-mail: bratil8@gmail.com

Submitted: 12.02.2024. Accepted: 07.03.2024. Published: 18.03.2024.

© Melnikov V.S., Dubrov V.E., Zelyanin A.S., Babaeva Ju.V., Pashkovskaya A.A., Zhalyalov I.S., 2024

ВВЕДЕНИЕ

Ангиосомная теория была разработана G.I. Taylor и J.H. Palmer и описана в 1987 г. [1]. В 1989 г. I. Koshima и S. Soeda описали первый в истории перфорантный лоскут [2]. Дальнейшее развитие ангиосомной теории привело к появлению концепции пропеллерных лоскутов, предложенной Н. Nyakusoku с соавторами [3]. Появление перфорантных лоскутов позволило снизить травматизацию донорской зоны, улучшить косметические результаты, а также способствовало появлению более сложных химерных лоскутов. Вместе с развитием лоскутов развивались и методы картирования перфорантных сосудов и разметки лоскутов, а также их мониторинга во время операции и в послеоперационном периоде.

Одним из таких современных методов является динамическая инфракрасная термография (ДИТ). После промышленного признания термографии и появления профессиональной дорогостоящей аппаратуры стали появляться первые статьи о применении этого метода в медицинских целях, в том числе и для идентификации перфорантных сосудов [4, 5, 6]. Повсеместное распространение смартфонов и совмещенных с ними тепловизорных камер резко удешевило и, как следствие, расширило применение ДИТ в практической медицине, сделав эту методику особенно популярной для обнаружения перфорантных сосудов [7, 8, 9, 10].

В 1986 г. W.J. Theuvenet с соавторами в исследовании на кадаверном материале после введения теплого раствора в сосудистое русло при помощи термографа обнаружили и описали «горячие пятна» на поверхности кожи в области перфорантных артерий, кровоснабжающих эти зоны, большая часть этих артерий затем была визуальным подтверждена во время последующей диссекции [11]. E. Zetterman с соавторами показали уже на клиническом материале, что «горячие пятна» в зоне перфорантных сосудов при охлаждении поверхности тела исчезают, а при повторном согревании появляются вновь [12].

Х. Tenorio с соавторами сравнили инфракрасную термографию без термического воздействия со звуковой доплерографией с последующей диссекцией. Положение обнаруженных перфорантных сосудов совпало в 67% наблюдений в пределах 0–15 мм. Также авторы заключили, что звуковая доплерография позволяет локализовать перфорантную артерию в более глубоких слоях, а термография — более поверхностно, практически сразу под поверхностью кожи [13]. P. Chubb совместно с автором ангиосомной теории G.I. Taylor сравнили ДИТ с КТ-ангиографией и показали, что перфоранты диаметром 1 мм и более могут быть достаточно точно локализованы при помощи термографии [14].

В более поздней работе S. Weum с соавторами сравнили результаты картирования перфорантных сосудов лоскутов DIEP (перфорантные лоскуты из бассейна глубокой нижней эпигастральной артерии) у 25 пациентов при помощи ДИТ, звуковой доплерографии и КТ-ангиографии. ДИТ авторы проводили до и после охлаждения исследуемой области. В ходе эксперимента было отмечено, что «горячие пятна», появлявшиеся наиболее быстро, в 95,6% случаев совпадали с наиболее отчетливо визуализированными на КТ-ангиографии перфорантами, также обнаруженными при помощи звуковой доплерографии. Все выбранные перфоранты были обнаружены и подтверждены визуально во время диссекции лоскутов [15].

Цель исследования — оценить возможности динамической инфракрасной термографии для картирования перфорантных сосудов при планировании дизайна перфорантных лоскутов, а также для определения их интра- и послеоперационной перфузии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В Центре хирургии кисти и реконструктивной микрохирургии ГКБ им. С.С. Юдина с 01.01.2022 по 30.07.2022 г. с целью замещения дефектов покровных тканей верхних и нижних конечностей была выполнена пересадка 21 перфорантного кожного лоскута у 18 пациентов. У 15 пациентов для предварительного картирования перфорантных сосудов в 18 пересаженных лоскутах: лоскут ALT (anterolateral thigh) — 10; лоскут SCIP (superficial circumflex iliac artery perforator) — 8. Помимо КТ-ангиографии и звуковой доплерографии, применяли ДИТ. Первичную разметку лоскутов производили по анатомическим ориентирам, подробно описанным в научной медицинской литературе [16]. Затем при помощи маркера отмечали наиболее крупные перфоранты, обнаруженные при выполнении КТ-ангиографии. Исследования были проведены на 160-срезовом компьютерном томографе Canon Aquilion Prime SP (Япония). Была использована автоматическая модуляция напряжения и силы тока трубки в зависимости от конституции пациента с реконструкцией изображений с толщиной среза 0,5–1,0 мм. Также использовали высококонцентрированные контрастные препараты Йопромид 370 мг йода/мл и Йомепрол 400 мг йода/мл в объеме 100–130 мл.

Анализ полученных объемных данных осуществляли на рабочей станции Vitrea (Япония). Окончательное картирование выполняли при помощи ДИТ и звуковой доплерографии с последующей верификацией локализации перфорантов во время диссекции лоскута. Для регистрации инфракрасной картины во всех случаях использовали инфракрасную камеру SEEK Thermal Compact Pro

(Thermal, США), совместимую со смартфонами на базе операционной системы IOS. Звуковая доплерография выполнялась при помощи портативного аппарата Sonoline B Pocket Fetal Dopler (Contec Medical Systems Co., Ltd., Китай) с частотой ультразвукового излучения 8000 МГц.

Предоперационное исследование. После разметки лоскута по анатомическим ориентирам и данным КТ-ангиографии выполняли ДИТ по методике с холодной нагрузкой, разработанной M.V. Muntean и P.A. Achimas-Cadariu. Охлаждение донорской зоны производили, распыляя на нее пульверизатором изопропиловый спирт с последующим ускорением испарения спирта при помощи портативного вентилятора. После выявления «горячих пятен» в зоне планируемого лоскута выполняли звуковую доплерографию для выявления наиболее крупных перфорантов и определения их более точной локализации [8].

Интраоперационное применение. После полной диссекции перфорантного лоскута и до пересечения сосудистой ножки, наряду с клинической оценкой перфузии лоскута, выполняли ДИТ без охлаждения лоскута. В случае признаков удовлетворительной перфузии лоскут отсекали от питающих сосудов и переносили в реципиентную зону, где накладывали сосудистые анастомозы между реципиентными сосудами и сосудами ножки лоскута. Через 20 мин. после снятия сосудистых клипс и клинической оценки сосудистого ответа в пересаженном лоскуте производили ДИТ, также без предварительного охлаждения лоскута.

Послеоперационный мониторинг лоскутов. В послеоперационном периоде, наряду с клиническими осмотрами, выполняли ДИТ через 4, 8, 12 и 24 ч. после операции, со второго дня 2 раза в сут. каждые 12 ч., вплоть до 7-х сут. Всем пациентам назначали строгий постельный режим и стандартную медикаментозную терапию (антикоагулянты, НПВС, антибиотики) на срок 5 сут. с момента операции. Дополнительно назначали болюсную гормональную терапию на 3 дня с момента операции с целью уменьшения отека.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Предоперационное исследование. В процессе предоперационного картирования перфорантных сосудов и разметки лоскутов у 15 пациентов при разметке 18 перфорантных лоскутов при помощи КТ-ангиографии были идентифицированы 39 перфорантных сосудов в месте отхождения от магистральных артерий: 28 из бассейна нисходящей ветви латеральной огибающей бедренную кость артерии (ALT) и 11 — из бассейна поверхностной огибающей подвздошную кость артерии (SCIP). Но лишь 17 из 28 (60%) перфорантов в бассейне нисходящей ветви латеральной огибающей бе-

дренную кость артерии и все 11 (100%) в бассейне поверхностной огибающей подвздошную кость артерии были прослежены до места прохождения через глубокую фасцию. При помощи ДИТ были обнаружены 37 перфорантов: 25 — из бассейна нисходящей ветви латеральной огибающей бедренную кость артерии (лоскутов ALT — 10) и один не из бассейна данной артерии, что привело к интраоперационному изменению плана, а также 11 — из бассейна поверхностной огибающей подвздошную кость артерии (лоскутов SCIP — 8), в среднем 2,5 на каждый лоскут ALT и 1,4 — на каждый лоскут SCIP. Абсолютно все перфорантные сосуды, обнаруженные и прослеженные до места прохождения через глубокую фасцию при помощи КТ из бассейна обеих артерий, были также визуализированы и с применением ДИТ. Время термографического исследования составляло около 10 мин. У всех пациентов локализация обнаруженных перфорантных сосудов, выявленная при помощи ДИТ, также была подтверждена с помощью звуковой доплерографии, при которой сила звукового сигнала напрямую коррелировала с интенсивностью «горячего пятна» на термограмме.

В одном клиническом наблюдении у женщины со сквозным огнестрельным ранением левой стопы при замещении дефектов кожи по тыльной (входное отверстие) и подошвенной поверхностям стопы (выходное отверстие) пришлось интраоперационно менять выбор одного из размеченных ранее лоскутов (рис. 1 а, б). Изначально в связи с наличием двух обширных кожных дефектов и дефекта костной ткани было принято решение о реконструкции стопы с применением химерного варианта переднелатерального лоскута бедра (лоскут ALT), включающего две кожные части для закрытия дефектов по тыльной и подошвенной поверхностям стопы, а также латеральной головки четырехглавой мышцы для замещения дефекта тканей по ходу раневого канала [16].

В процессе диссекции все перфоранты, обнаруженные при помощи ДИТ, были визуально идентифицированы (рис. 1 с, d). На перфорантах А и В был поднят лоскут ALT. Перфорант, кровоснабжающий латеральную головку четырехглавой мышцы, был обнаружен только интраоперационно. Выявленный при помощи ДИТ и звуковой доплерографии перфорант С оказался очень мал (диаметр менее 1,0 мм), имел очень извилистый ход и не относился к бассейну нисходящей ветви латеральной огибающей бедренную кость артерии, т.е. лоскут В можно отнести к группе лоскут free-style. В связи с этими обстоятельствами интраоперационно было принято решение использовать для закрытия дефекта по подошвенной поверхности стопы перфорантный лоскут из бассейна наруж-

ней огибающей подвздошную кость артерии (SCIP лоскут) с более понятной и предсказуемой сосудистой анатомией, несмотря на отчетливую клини-

ческую картину перфузии лоскута free-style после диссекции, подтвержденную результатами ДИТ (рис. 2).

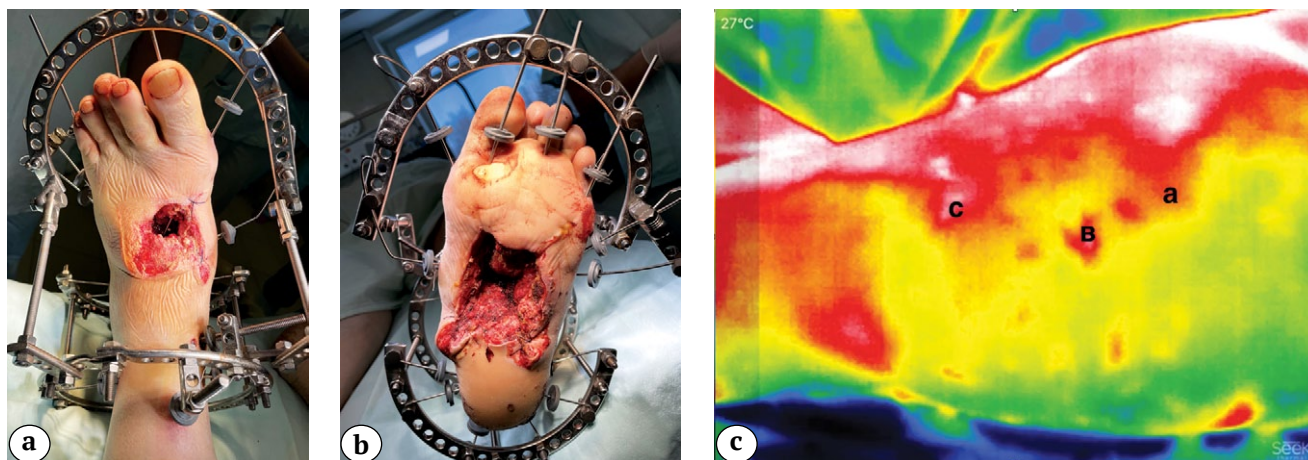


Рис. 1. Фото стопы после огнестрельного ранения с дефектом тканей (а, б); донорская зона лоскута ALT по переднелатеральной поверхности бедра (с, d): А – лоскут ALT; В – лоскут free-style; «а», «в» и «с» – выявленные при помощи ДИТ и подтвержденные звуковой доплерографией перфорантные сосуды

Fig. 1. The foot view after a gunshot injury with tissue defect (a, b); ALT flap donor site on the anterolateral surface of the thigh (c, d): A – ALT flap; B – free-style flap; “a”, “b” and “c” – perforating vessels detected by DIT and confirmed by Doppler sonography

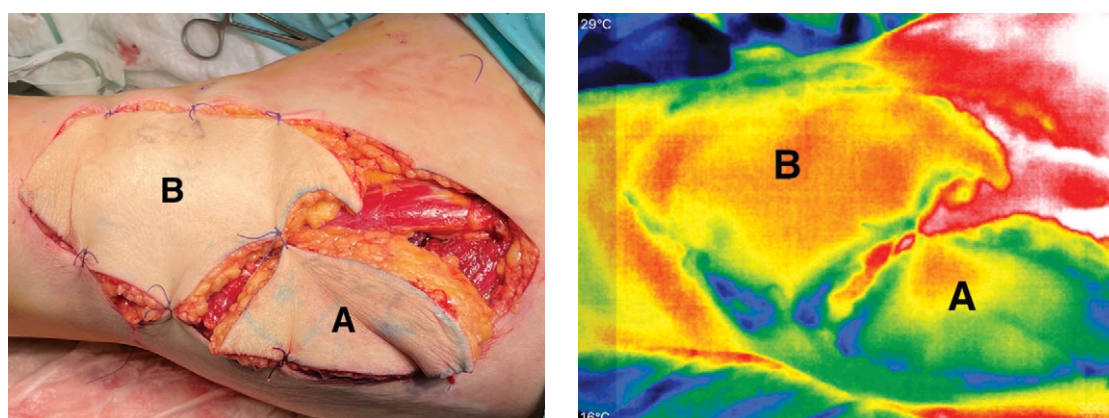


Рис. 2. Фото и термограмма лоскутов после диссекции до отсечения питающих ножек: А – лоскут ALT; В – лоскут free-style

Fig. 2. The flaps and thermogram after dissection before cutting off pedicles: A – ALT flap; B – free-style flap

При помощи КТ-ангиографии у этой пациентки были визуализированы лишь магистральные сосуды на бедре и только основной перфорант (В) лоскута ALT.

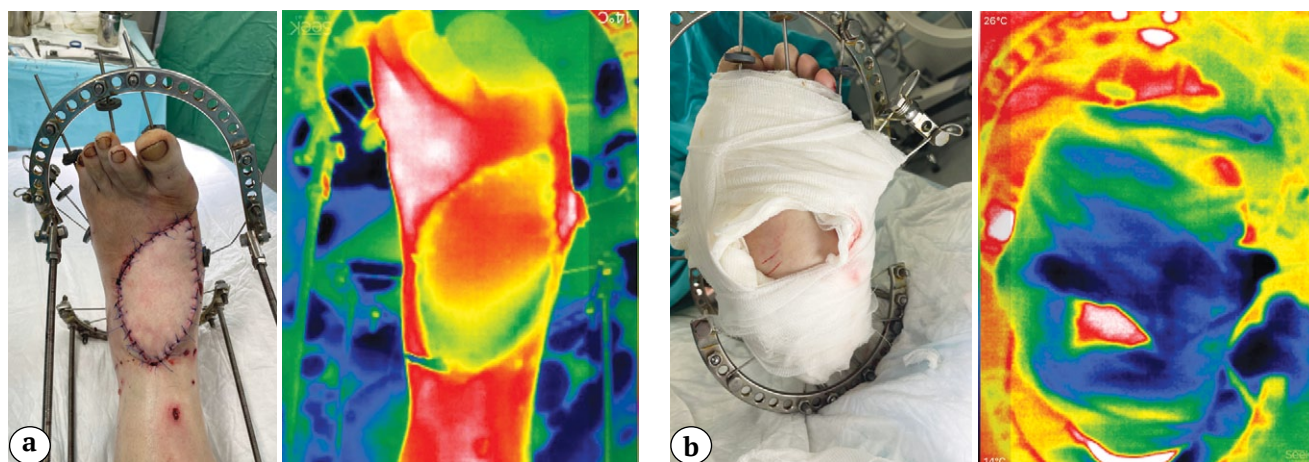


Рис. 3. Вид стопы после закрытия дефектов лоскутами ALT (a) и SCIP (b)
Fig. 3. View of the foot after defect closure with ALT (a) and SCIP flaps (b)

В процессе работы были обнаружены следующие проблемы, возникающие при разметке перфорантных лоскутов (ALT, SCIP) с использованием ДИТ, ранее не описанные в современной литературе. У 2 из 15 (13%) пациентов индекс массы тела (ИМТ) был более 35 (соответствует 2–3-й степени ожирения). У этих пациентов не удалось определить расположение перфорантных сосудов при помощи термографии и звуковой доплерографии. С нашей точки зрения, этот факт был обусловлен очень маленьким диаметром (менее 1,0 мм) и большой длиной (более 10 мм) терминальных отделов перфорантов от места прохождения через глубокую фасцию до впадения в субдермальную сосудистую сеть. Вследствие этого картирование сосудов лоскута производилось на основании описанных в литературе анатомических ориентиров и данных КТ-ангиографии.

Интраоперационное применение. Пересаженные лоскуты после запуска кровотока имели все клинические признаки адекватной перфузии, подтвержденные термографией, за исключением двух лоскутов у пациентов с ИМТ более 35. В обоих этих наблюдениях при полностью проходимых артериальных венозных анастомозах сосудистый ответ был сомнителен, лоскуты имели бледный вид. Однако несмотря на это, в послеоперационном периоде эти лоскуты (один SCIP и один ALT) полностью прижили без краевых некрозов.

Послеоперационный мониторинг лоскутов. В послеоперационном периоде решение о выполнении ревизии сосудистых анастомозов принима-

Вид стопы после замещения дефектов лоскутами ALT и SCIP и термограммы, подтверждающие их перфузию, представлены на рисунке 3.

ли в первую очередь на основании клинической картины неадекватной перфузии лоскута. ДИТ носила второстепенный характер. Ревизия анастомозов потребовалась в 3 из 18 наблюдений (16%). В двух наблюдениях имелись клинические признаки венозной недостаточности лоскута, сочетавшиеся с характерной термографической картиной: равномерное окрашивание (более холодные цвета — синий, зеленый) области лоскута, отличающейся по цвету от окружающих неповрежденных тканей с хорошей перфузией. В связи с этим были выполнены ревизии сосудистых ножек лоскутов и обнаружены тромбозы вен. Тромбы были удалены, а вены реанастомозированы.

В одном наблюдении (лоскут SCIP) развился краевой некроз лоскута (менее 20% поверхности), что не потребовало выполнения дополнительных пластических операций.

Во втором наблюдении лоскут (лоскут SCIP) все-таки некротизировался из-за проблем именно с венозным оттоком. Пациентке была выполнена кожная пластика полнослойным кожным трансплантатом.

В третьем наблюдении (лоскут ALT) были выявлены клинические признаки артериальной недостаточности лоскута, приведшие к его полному некрозу, несмотря на предпринятые две ревизионные операции, во время которых были выполнены тромбэктомии и переложение артериального анастомоза. На ДИТ лоскут был окрашен в темные цвета (ближе к черному) без характерных для хорошо кровоснабжаемых тканей

красно-желтых участков. После удаления некротизированного лоскута дефект был закрыт несвободным паховым лоскутом. Всего полностью некротизировались два лоскута из 18 (11%), и эти осложнения были связаны с тромбозами сосудистых анастомозов, а не с ошибками на этапе планирования, разметки и забора лоскутов при которых использовалась ДИТ. Во всех трех наблюдениях при мониторинге этих лоскутов в послеоперационном периоде картина по ДИТ полностью коррелировала с характерной клинической картиной венозной или артериальной недостаточности лоскутов.

Еще у одного пациента с послеожоговой контрактурой правой кисти после пластики переднелатеральным лоскутом бедра (лоскут ALT), размеченного сначала по анатомическим ориентирам (синие звездочки), а далее при помощи

КТ-ангиографии, ДИТ и звуковой доплерографии (красные звездочки под буквами «а» и «в») после пересадки лоскута также потребовалась ревизионная операция (рис. 4).

На следующие сутки после операции во время перевязки был заподозрен венозный застой дистальной части лоскута, несмотря на отчетливые признаки перфузии по данным ДИТ. Было принято решение о необходимости ревизии сосудистых анастомозов, на которой были выявлены состоятельность лоскута SCIP и полная проходимость одного артериального и двух венозных анастомозов. Однако под дистальной частью лоскута была обнаружена и эвакуирована гематома объемом 20 мл. В последующем медикаментозную терапию и мониторинг лоскута выполняли по стандартному протоколу. Клиническая картина полностью подтверждалась данными термографии (рис. 5).

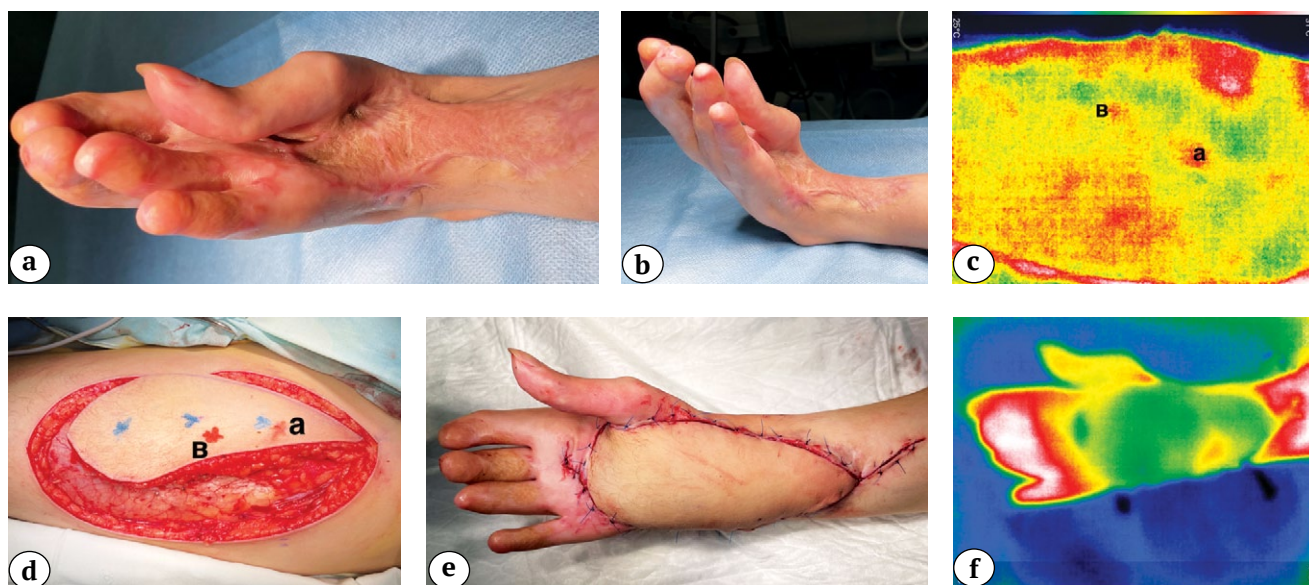


Рис. 4. Послеожоговая контрактура правой кисти (а, б); разметка лоскута ALT (с, d): голубые звездочки — проекция перфорантов согласно анатомической разметке, красные (соответствующие разметкам «а» и «в») — перфоранты, идентифицированные при помощи ДИТ и звуковой доплерографии; послеоперационный вид кисти и пересаженного лоскута ALT (е); термограмма лоскута (f)

Fig. 4. A postburn contracture of the right hand (a, b); ALT flap marking (c, d); blue stars — projection of perforating vessels according to the anatomical markings, red (corresponding to markings “a” and “b”) — perforating vessels detected by DIT and Doppler sonography; postoperative view of the hand and the transplanted ALT flap (e); flap thermogram (f)

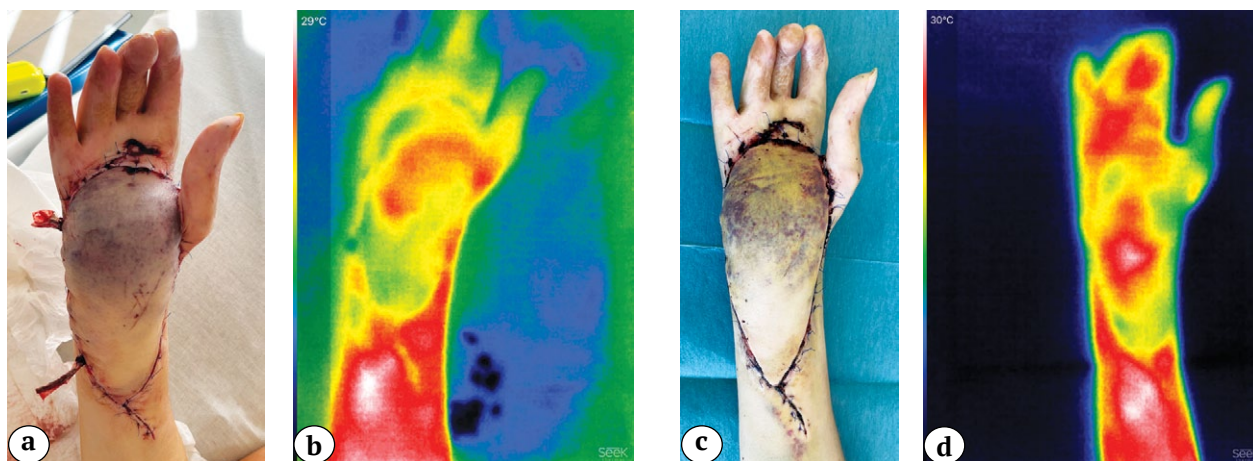


Рис. 5. Внешний вид и термография лоскутов в послеоперационном периоде:
 a, b — вид кисти и термограмма лоскута на 3-и сут. после операции;
 c, d — вид кисти и термограмма лоскута на 10-е сут. после операции, перед выпиской

Fig. 5. General view and thermography of the flaps in the postoperative period:
 a, b — hand view and flap thermogram 3 days postoperatively;
 c, d — hand view and flap thermogram 10 days after surgery, before discharge

ОБСУЖДЕНИЕ

Появление перфорантной теории кардинально изменило понимание принципов кровоснабжения тканей, что способствовало широкому распространению перфорантных лоскутов в клинической практике. Преимуществами этих лоскутов являются более низкая травматизация тканей в донорской зоне, возможность включения в один лоскут нескольких участков кожи, а также других тканей, таких как кость или мышца (химерные лоскуты), кровоснабжаемых разными перфорантными сосудами, отходящими от одной магистральной артерии. Также перфорантные лоскуты можно использовать в несвободном варианте без повреждения магистральной артерии (пропеллерные лоскуты). Все это позволяет выполнять сложные одноэтапные реконструкции даже при наличии комплексных дефектов тканей, снизить ущерб в донорской зоне и получать хорошие функциональные и косметические результаты. Однако появление более сложных лоскутов потребовало более сложного предоперационного планирования. В частности при разработке дизайна перфорантных лоскутов требуется точное картирование перфорантных сосудов, что необходимо для снижения риска их повреждения в процессе диссекции лоскута.

Широкое распространение недорогих инфракрасных термографических камер, совместимых со смартфонами, и практически отсутствующая «кривая обучения» позволили активно использовать термографию в медицинской практике, в том числе при картировании перфорантных сосудов. N. Pereira с соавторами сравнили точность

предоперационного обнаружения перфорантных сосудов при помощи инфракрасной термографической камеры, совмещенной со смартфоном, и с использованием КТ-ангиографии и выявили высокие чувствительность (100%) и специфичность (98)% первого метода [17].

Традиционные методы визуализации перфорантных сосудов, такие как КТ-ангиография [17, 18] и МРТ-ангиография [19], а также цветное дуплексное ультразвуковое исследование [20] остаются наиболее популярными, однако экономически более затратными. Они занимают больше времени, а в случае КТ- и МРТ-ангиографии являются еще и инвазивными, т.к. требуют внутривенного введения контраста. ДИТ позволяет выявить основной перфорант лоскута по размеру и насыщенности цвета «горячего пятна» и определить зону с наилучшей перфузией, вокруг которых можно разметить лоскут (табл. 1).

В послеоперационном периоде ДИТ позволяет выявить проблемы перфузии лоскута и при наличии определенных навыков интерпретации термограмм определить причины этих проблем. В случаях нарушения артериального притока к лоскуту при термографии будет визуализироваться «холодный лоскут» без «горячих пятен». В случае венозного застоя лоскут будет иметь термографически гомогенную окраску, отличающуюся от окраски нормально перфузируемого лоскута и окружающих тканей, что подтверждается клиническими наблюдениями авторов и данными литературы [21]. Также необходимо отметить, что наличие инфракрасной камеры, совмещаемой со смартфоном, позволяет привлечь к мониторингу

лоскутов в послеоперационном периоде неподготовленный для этих целей средний медицинский персонал, например дежурных медсестер, которые могут прислать в любом мессенджере термографическую картину, на основании которой можно

сделать более достоверные выводы о перфузии лоскута в сравнении с обычными фотографиями, на которых внешний вид и цвет лоскута могут изменяться в зависимости от освещения и использования вспышки [21].

Таблица 1

Сравнение различных методов картирования перфорантных сосудов

Параметр	Звуковая доплерография	Инфракрасная термография	МРТ-ангиография	КТ-ангиография	ICG
Чувствительность	Низкая	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая
Инвазивность метода	Неинвазивная	Неинвазивная	Требуется введения контраста	Требуется введения контраста	Требуется введения контраста
Интраоперационное применение	Да	Да	Нет	Нет	Да
Средняя продолжительность процедуры	10–15 мин.	10–15 мин.	30–40 мин. (очередь на исследование)	30–40 мин. (очередь на исследование)	20–30 мин.
Использование софта	Не требуется	Бесплатное приложение для смартфона	Платное приложение для компьютера	Платное приложение для компьютера	Не требуется
Кто выполняет исследование	Хирург	Хирург	Радиолог	Радиолог	Хирург
Стоимость	Самая низкая	Низкая	Высокая	Высокая	Высокая

На основании анализа литературы и собственного опыта, наряду с явными преимуществами ДИТ, такими как неинвазивность, удешевление инфракрасных камер, короткая кривая обучения, возможность привлечения к мониторингу лоскутов младшего медицинского персонала, был также выявлен и ряд ограничений метода. Термография позволяет получить лишь двухмерное изображение (2D-топография). При помощи ДИТ можно обнаружить только поверхностно расположенные перфоранты (на глубине до 2 см). Так, например, J.T. Hardwicke с соавторами в исследовании использовали инфракрасную камеру (FLIR One), совмещенную со смартфоном. Главным недостатком ДИТ, по мнению авторов, является способность к обнаружению лишь очень поверхностно расположенных перфорантных артерий, что делает невозможным использование ДИТ в качестве единственного метода картирования перфорантных сосудов [22]. Для картирования более глубоко расположенных сосудов необходима КТ-ангиография, которая также более предпочтительна для пациентов с ИМТ более 35, что соответствует 2–3-й степени ожирения. Современные тепловизионные камеры не позволяют достоверно определить морфологию перфорантных сосудов (калибр сосуда, донорскую магистральную артерию, путь сосуда в глубоких тканях, факт деления

перфорантной артерии на более мелкие). Также необходимо учитывать наличие тепловых помех. Это особенно важно при использовании более простых и дешевых устройств, так как температура кожи может колебаться на целых 8 градусов в зависимости от таких факторов, как наличие одежды, температуры и влажности в помещении. Также следует отметить, что опубликованные в литературе результаты исследований были проведены на небольшом количестве пациентов (до 25), и в них использовались различные термографические камеры [23].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, КТ-ангиография, звуковая доплерография и динамическая инфракрасная термография являются взаимодополняющими методами обнаружения и визуализации перфорантных сосудов. КТ-ангиография предпочтительна для картирования как прямых, так и непрямых перфорантов типов 2, 4 и 5. КТ-ангиография позволяет визуализировать ход перфорантного сосуда в глубоких слоях, вплоть до места отхождения от магистральной артерии, однако плохо визуализирует перфоранты диаметром менее 1 мм. Для локализации перфорантных сосудов в более поверхностных тканях оптимальнее использовать динамическую инфракрасную термографию.

Звуковая доплерография необходима для подтверждения данных, полученных при помощи динамической инфракрасной термографии, она также позволяет точнее локализовать перфорантную артерию и отличить ее от магистральной артерии. Во время выполнения операции в послеопераци-

онном периоде динамическая инфракрасная термография также является лишь вспомогательным методом мониторинга, однако позволяет привлечь к мониторингу средний медицинский персонал, не имеющий необходимых навыков и знаний в этой области.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Возможный конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на участие в исследовании и публикацию результатов.

DISCLAIMERS

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. The authors obtained written consent from patients to participate in the study and publish the results.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Taylor G.I., Palmer J.H. The vascular territories (angiosomes) of the body. *Br J Plast Surg.* 1987;40:1131-41.
2. Koshima I., Soeda S. Inferior epigastric artery skin flap without rectus abdominis muscle. *Br J Plast Surg.* 1989;42:645.
3. Hyakusoku H., Yamamoto T., Fumiiri M. The propeller flap method. *Br J Plast Surg.* 1991;44(1):53-54. doi: 10.1016/0007-1226(91)90179-n.
4. Ring E.F.J. The discovery of infrared radiation in 1800. *Imaging Sci J.* 2000;48:1-8. doi: 10.1080/13682199.2000.11784339.
5. Ring E.F. The historical development of thermal imaging in medicine. *Rheumatology (Oxford).* 2004;43(6):800-802. doi: 10.1093/rheumatology/keg009.
6. Theuvenet W.J., Koeys G.F., Borghouts M.H. Thermographic assessment of perforating arteries. A preoperative screening method for fasciocutaneous and musculocutaneous flaps. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1986;20(1):25-29. doi: 10.3109/02844318609006287.
7. Hardwicke J.T., Osmani O., Skillman J.M. Detection of Perforators Using Smartphone Thermal Imaging. *Plast Reconstr Surg.* 2016;137(1):39-41. doi: 10.1097/PRS.0000000000001849.
8. Muntean M.V., Achimas-Cadariu P.A. Detection of Perforators for Free Flap Planning Using Smartphone Thermal Imaging: A Concordance Study with Computed Tomographic Angiography in 120 Perforators. *Plast Reconstr Surg.* 2018;142(4):604e. doi: 10.1097/PRS.0000000000004751.
9. Hallock G.G. Dynamic infrared thermography and smartphone thermal imaging as an adjunct for preoperative, intraoperative, and postoperative perforator free flap monitoring. *Plast Aesthet Res.* 2019;6:29. Available from: <http://dx.doi.org/10.20517/2347-9264.2019.029>.
10. Kiritat A., Krejcar O., Selamat A., Herrera-Viedma E. FLIR vs SEEK thermal cameras in biomedicine: comparative diagnosis through infrared thermography. *BMC Bioinformatics.* 2020;21 (Suppl 2):88. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12859-020-3355-7>.
11. Theuvenet W.J., Koeys G.F., Borghouts M.H. Thermographic assessment of perforating arteries. A preoperative screening method for fasciocutaneous and musculocutaneous flaps. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1986;20(1):25-29. doi: 10.3109/02844318609006287.
12. Zetterman E., Salmi A., Suominen S., Karonen A., Asko-Seljavaara S. Effect of cooling and warming on thermographic imaging of the perforating vessels of the abdomen. *Eur J Plast Surg.* 1999;22:58-61.
13. Tenorio X., Mahajan A.L., Wettstein R., Harder Y., Pawlovski M., Pittet B. Early detection of flap failure using a new thermographic device. *J Surg Res.* 2009;151(1):15-21. doi: 10.1016/j.jss.2008.03.001.
14. Chubb D.P., Taylor G.I., Ashton M.W. True and 'choke' anastomoses between perforator angiosomes: part II. dynamic thermographic identification. *Plast Reconstr Surg.* 2013;132(6):1457-1464. doi: 10.1097/01.prs.0000434407.73390.82.
15. Weum S., Mercer J.B., de Weerd L. Evaluation of dynamic infrared thermography as an alternative to CT angiography for perforator mapping in breast reconstruction: A clinical study. *BMC Med Imaging.* 2016;16:43.
16. Boyd J.B., Jones N. Operative Microsurgery. USA: McGraw-Hill Education; 2015. 976 p.
17. Pereira N., Valenzuela D., Mangelsdorff G., Kufeke M., Roa R. Detection of Perforators for Free Flap Planning Using Smartphone Thermal Imaging: A Concordance Study with Computed Tomographic Angiography in 120 Perforators. *Plast Reconstr Surg.* 2018;141(3):787-792. doi: 10.1097/PRS.0000000000004126.
18. Masia J., Kosutic D., Clavero J.A., Larranaga J., Vives L., Pons G. Preoperative computed tomographic angiogram for deep inferior epigastric artery perforator flap breast reconstruction. *J Reconstr Microsurg.* 2010;26(1):21-28. doi: 10.1055/s-0029-1223854.
19. Masia J., Kosutic D., Cervelli D., Clavero J.A., Monill J.M., Pons G. In search of the ideal method in perforator mapping: noncontrast magnetic resonance imaging. *J Reconstr Microsurg.* 2010;26(1):29-35. doi: 10.1055/s-0029-1238222.

20. Hallock G.G. Doppler sonography and color duplex imaging for planning a perforator flap. *Clin Plast Surg.* 2003;30(3):347-357. doi: 10.1016/s0094-1298(03)00036-1.
21. Chae M.P., Rozen W.M., Whitaker I.S., Chubb D., Grinsell D., Ashton M.W. et al. Current evidence for postoperative monitoring of microvascular free flaps: a systematic review. *Ann Plast Surg.* 2015;74(5):621-632. doi: 10.1097/SAP.0b013e3181f8cb32.
22. Hardwicke J.T., Osmani O., Skillman J.M. Detection of perforators using smartphone thermal imaging. *Plast Reconstr Surg.* 2016;137:39-41.
23. Hennessy O., Potter S.M. Use of infrared thermography for the assessment of free flap perforators in autologous breast reconstruction: A systematic review. *JPRAS Open.* 2019;23:60-70. doi: 10.1016/j.jpra.2019.11.006.

Сведения об авторах

✉ Жалылов Ильяс Сайярович

Адрес: Россия, 115446, г. Москва, Коломенский пр., д. 4
<https://orcid.org/0000-0002-3253-0765>
e-mail: bratil8@gmail.com

Мельников Виктор Сергеевич — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0003-4873-775X>
e-mail: melnikovmd@mail.ru

Дубров Вадим Эрикович — д-р мед. наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0001-5407-0432>
e-mail: vduort@gmail.com

Зелянин Александр Сергеевич — д-р мед. наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0003-0969-9594>
e-mail: microsurgery@inbox.ru

Бабаева Юлия Викторовна — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0003-2170-7286>
e-mail: juliybelova@yandex.ru

Пашковская Анна Александровна
<https://orcid.org/0000-0001-6441-100X>
e-mail: pashkovskaya.an@yandex.ru

Authors' information

✉ Ilyas S. Zhalyalov

Address: 4, Kolomenskii pr., Moscow, 115446, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-3253-0765>
e-mail: bratil8@gmail.com

Viktor S. Melnikov — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0003-4873-775X>
e-mail: melnikovmd@mail.ru

Vadim E. Dubrov — Dr. Sci. (Med.), Professor
<https://orcid.org/0000-0001-5407-0432>
e-mail: vduort@gmail.com

Aleksandr S. Zelyanin — Dr. Sci. (Med.), Professor
<https://orcid.org/0000-0003-0969-9594>
e-mail: microsurgery@inbox.ru

Julia V. Babaeva — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0003-2170-7286>
E-mail: juliybelova@yandex.ru

Anna A. Pashkovskaya
<https://orcid.org/0000-0001-6441-100X>
e-mail: pashkovskaya.an@yandex.ru



Long-Term Treatment Outcome of a Patient with Extensive Circular Soft Tissue Defect of the Distal Third of the Lower Extremity: A Case Report

Maksim V. Tkachenko, Vladimir V. Khominets, Vitaliy S. Ivanov, Kirill V. Kitachev

Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

Abstract

Background. Open fractures of the lower limb bones associated with extensive soft tissue defects are among the most challenging in trauma surgery.

Aim of the study is to demonstrate the possibilities of modern reconstructive surgery in the treatment of severe polystructural trauma of the lower limb using a unique clinical example.

Case description. An 18-year-old patient sustained a polytrauma which included head and extremities injuries as a result of a fall under a moving train. Due to the signs of uncompensated ischemia of the left lower limb at the first stage of treatment the patient underwent emergency left tibial artery thrombectomy, repeated debridement of the left lower leg wound, remounting of the external fixator, and lumbar sympathectomy. The second stage of surgical treatment included free transplantation of a vascularized anterolateral flap of the right thigh. The third stage included staged necrectomies; replacement of the soft tissue defect of the posteromedial surface of the distal lower leg with a sural fasciocutaneous vascularized flap on the distal vascular pedicle from the contralateral tibia; the fourth stage included cutting off the fasciocutaneous cross flap. At the follow-up, 2 years after the end of the treatment the patient complained of persisting swelling of the foot, which occurred during prolonged standing in the upright position and required elastic compression of the ankle joint. The cause of the swelling was impaired lymphatic outflow due to the damage to all venous collaterals in the injury area. She walks with full load on the injured limb without additional support. There is no pain syndrome, foot sensitivity is fully preserved.

Conclusion. Presented clinical case demonstrates the possibility of successful replacement of an extensive circular defect of the distal lower limb using sequentially free and non-free vascularized tissue complexes.

Keywords: extensive soft tissue defect, free vascularized anterolateral thigh flap, flap necrosis, non-free sural flap, microsurgical transplantation of tissue complexes.

Cite as: Tkachenko M.V., Khominets V.V., Ivanov V.S., Kitachev K.V. Long-Term Treatment Outcome of a Patient with Extensive Circular Soft Tissue Defect of the Distal Third of the Lower Extremity: A Case Report. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2024;30(1):110-119. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17472>.

✉ Vitaliy S. Ivanov; e-mail: ivanovka78@gmail.com

Submitted: 21.02.2024. Accepted: 05.03.2024. Published 18.03.2024.

© Tkachenko M.V., Khominets V.V., Ivanov V.S., Kitachev K.V., 2024

Отдаленный результат лечения пациента с обширным циркулярным дефектом мягких тканей нижней трети голени: клинический случай

М.В. Ткаченко, В.В. Хоминец, В.С. Иванов, К.В. Китачёв

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны России,
г. Санкт-Петербург, Россия

Реферат


Актуальность. Пострадавшие с открытыми переломами костей голени, сопровождающимися обширными дефектами мягких тканей, относятся к одной из самых сложных категорий пациентов в травматологии.


Цель — на уникальном клиническом примере показать возможности современной реконструктивной хирургии при лечении тяжелой полиструктурной травмы нижней конечности.

Описание случая. Пациент 18 лет получил сочетанную травму головы и конечностей в результате падения под движущийся поезд. В связи с наличием признаков некомпенсированной ишемии левой нижней конечности на первом этапе лечения пострадавшему в экстренном порядке были выполнены тромбэктомия из левой большеберцовой артерии, повторная хирургическая обработка раны левой голени, перемонтаж стержневого аппарата, поясничная симпатэктомия. Вторым этапом хирургического лечения включал свободную пересадку кровоснабжаемого переднелатерального лоскута правого бедра. На третьем этапе — этапные некрэктомии; замещение дефекта мягких тканей заднемедиальной поверхности нижней трети голени несвободным суральным кожно-фасциальным кровоснабжаемым лоскутом на дистальной сосудистой ножке с контралатеральной голени; четвертый этап включал отсечение перекрестного кожно-фасциального лоскута. При контрольном осмотре через 2 года после окончания лечения пациент предъявлял жалобы на сохранение отека стопы, возникающей при длительном нахождении в вертикальном положении и требующей эластической компрессии голеностопного сустава. Причиной отека являлось нарушение лимфатического оттока в связи с повреждением в области травмы всех венозных коллатералей. Ходит с полной нагрузкой на травмированную конечность без дополнительных средств опоры. Болевой синдром отсутствует, чувствительность стопы полностью сохранена.

Заключение. Представленное клиническое наблюдение демонстрирует возможность успешного замещения обширного циркулярного дефекта нижней трети голени с использованием последовательно свободного и несвободного кровоснабжаемых комплексов тканей.

Ключевые слова: обширный дефект мягких тканей, свободный кровоснабжаемый переднелатеральный лоскут бедра, некроз лоскута, несвободный суральный лоскут голени, микрохирургическая пересадка комплексов тканей.

 **Для цитирования:** Ткаченко М.В., Хоминец В.В., Иванов В.С., Китачёв К.В. Отдаленный результат лечения пациента с обширным циркулярным дефектом мягких тканей нижней трети голени: клинический случай. *Травматология и ортопедия России*. 2024;30(1):110-119. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17472>.

 Иванов Виталий Сергеевич; e-mail: ivanovka78@gmail.com

Рукопись получена: 21.02.2024. Рукопись одобрена: 05.03.2024. Статья опубликована: 18.03.2024.

© Ткаченко М.В., Хоминец В.В., Иванов В.С., Китачёв К.В., 2024

BACKGROUND

Patients with open fractures of the lower leg bones associated with extensive soft tissue defects rightfully belong to one of the most difficult categories of patients in traumatology and reconstructive surgery of the limbs [1]. The most frequent cause of such injuries are high-energy traumas that occur in everyday life as a result of road and railway accidents, and in wartime as a consequence of mine blast and gunshots. Extensive damage to tissues, significant contamination of wounds, vascular and nerve damage are high-risk factors for delayed fracture healing and development of infectious complications [2]. To save the limb, it is necessary to evacuate the patient as soon as possible to a specialized medical care center, to cooperate the work of specialists in the field of traumatology and orthopedics, vascular, plastic, septic and neurosurgery. At the same time, the problems of surgical wound treatment and its stages, preparation of the wound surface for plastic closure, choice of tissue complexes are priorities in the struggle for limb salvage. It should be noted that knowledge of the entire arsenal of reconstructive surgery methods, including the use of microsurgical techniques, allows to successfully restore the integrity of damaged tissues even in conditions of wound infection [3].

This clinical case illustrates the result of a complex treatment of a patient with severe trauma of the lower third of the leg resulting from a collision with a wagon wheel bogie.

Aim of the study is to demonstrate the possibilities of modern reconstructive surgery in the treatment of a patient with severe polystructural trauma of the lower limb.

CLINICAL CASE DESCRIPTION

An 18-year-old patient sustained a polytrauma of head and limbs as a result of falling under a moving train. He was taken to a district hospital, where he was diagnosed with craniocerebral injury, concussion, closed fracture of the body of the left clavicle without displacement of fragments, severe mechanical trauma to the left lower limb with open dislocation of the left foot, comminuted fracture of the left medial malleolus, extensive degloving wound of the

anteromedial surface of the left tibia, circular skin detachment of the lower third of the leg (4% of the body area), damage to the anterior and posterior tibial arteries, tibial and peroneal nerves, uncompensated ischemia of the left leg (Fig. 1).

After physical examination the patient underwent wound debridement of the left lower limb. External fixation was performed on the day of admission.

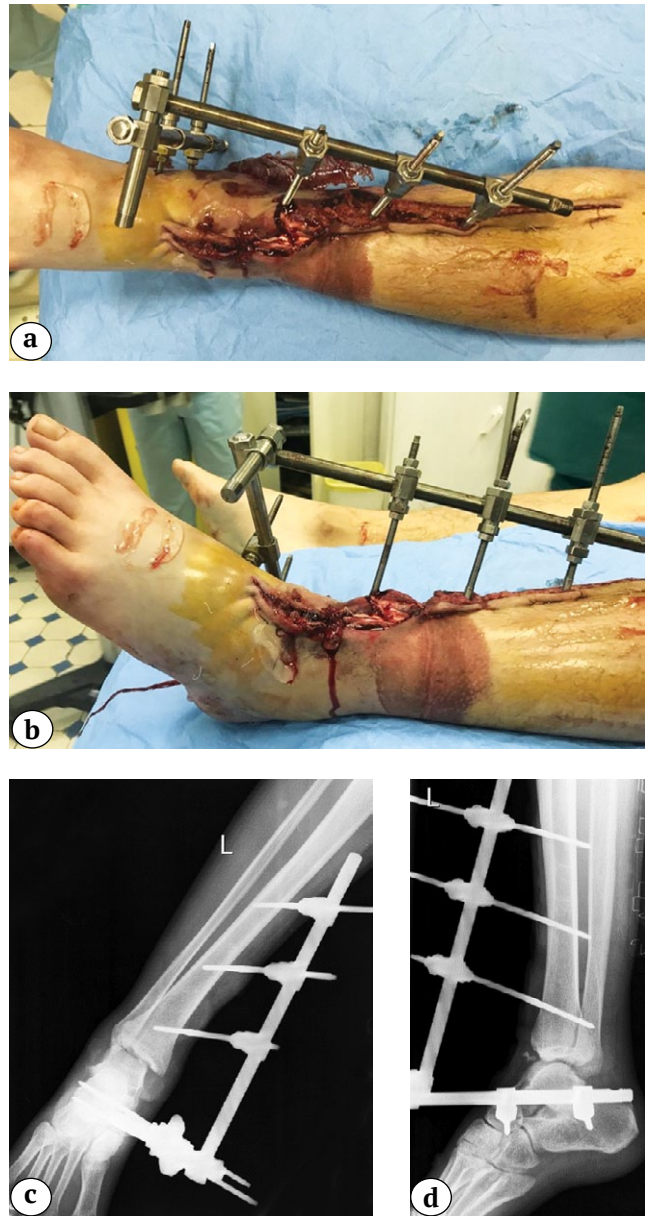


Fig. 1. Patient's left lower limb fixed with an external fixator:

a, b — general view;
c, d — X-ray images of the left lower limb and foot in two views

The next day the patient was transferred to the Clinic of Military Traumatology and Orthopedics for further treatment. The general condition on admission was assessed as severe and corresponded to 24 points according to the MS-COA scale, 9 points – MS-D (MT), 4 – AIS, 8 – MESS [4, 5, 6]. The diagnosis was made: polytrauma of the head, limbs (02.03.2020). Craniocerebral trauma; cerebral concussion; severe mechanical trauma of the left lower limb – open dislocation of the left foot, comminuted fracture of the left medial malleolus, fixed with a KST external fixator. Extensive wound of the anteromedial surface of the left tibia, circular skin detachment of the lower third of the leg (4% of the body area). Interruption of the anterior tibial artery with a 10 cm defect. Thrombosis of the posterior tibial artery. Rupture of the deep branch of the peroneal nerve throughout. Contusion of the tibial nerve. Mosaic necrosis of the anterior and posterior muscle groups of the left leg. Uncompensated ischemia of the left lower limb. Moderate acute blood loss.

Due to the signs of uncompensated ischemia of the left lower limb, the patient underwent emergency thrombectomy of the left tibial artery; repeated debridement of the leg wound, remount of external fixator, and lumbar sympathectomy (Fig. 2).

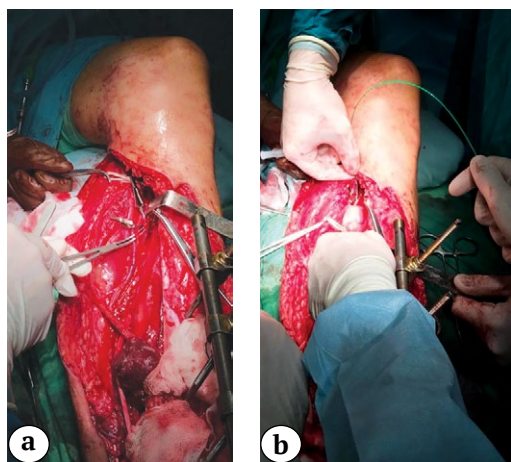


Fig. 2. Stages of posterior tibial artery thrombectomy:
a – isolation of the posterior tibial artery;
b – insertion of the Fogarty catheter into the posterior tibial artery

A stable blood flow was achieved in the left tibial artery system with restoration of blood supply to the distal parts of the left lower limb. In the following 2 weeks, the patient received complex therapy aimed at restoring homeostasis and preventing infectious complications. Local treatment included changing aseptic dressings, necrectomy with subsequent negative pressure wound therapy (NPWT). Later, the 400 cm² soft tissue defect of the lower third of the leg with exposure of the underlying tendon and neurovascular structures developed. In this regard, a free transplantation of a vascularized anterolateral flap of the right thigh was planned (Fig. 3). In the preoperative period, the patient underwent ultrasound Doppler examination of the anterolateral surface of the right thigh to clarify the localization of the perforating vessels, which are branches of the descending branch of the lateral femoral circumflex artery (*a. circumflexa femoris lateralis*).

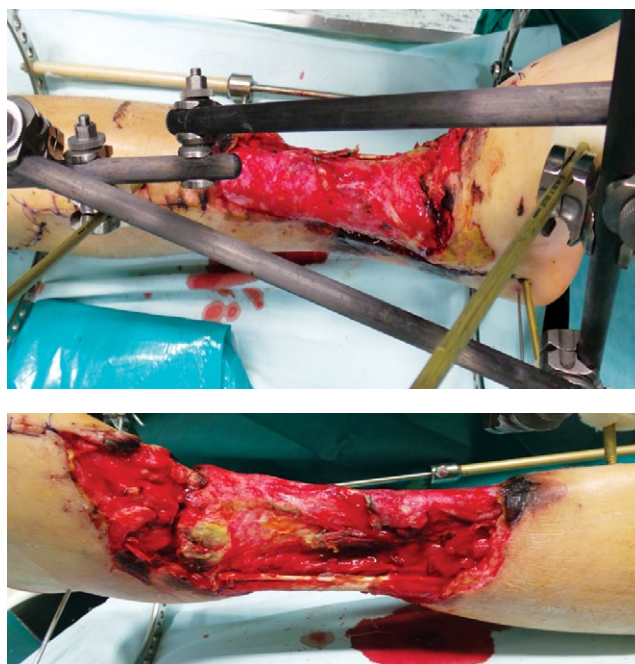


Fig. 3. The wound after staged necrectomies

Initially, after excision of the scar wound edges, the anterior tibial artery and the great saphenous vein were isolated in order to anastomose with the flap vessels, then a free vascularized anterolateral femoral flap was formed on the

right thigh and transplanted to the defect area (Fig. 4). The end-to-end suture of the flap vessels with the pre-selected vessels of the tibia was performed. The total anoxia time of the flap was 95 min. Osteosynthesis of the lower leg bones was performed with hybrid external fixator bridging the ankle joint. In the postoperative period, vasoactive and antibacterial therapy, a course of hyperbaric oxygenation were administered.

However, within 18 days after the surgery, partial (40%) flap necrosis gradually developed due to the venous insufficiency (Fig. 5). As a result of stage debridement, the necrotized part of the flap was excised, and the inner and posterior surfaces of the ankle joint were deprived of skin cover.

Due to the exposure of the posterior tibial artery and tibial nerve, as well as the tendons of the inner and posterior surfaces of the ankle joint, it was decided to replace the soft tissue defect of the posterior medial surface of the lower third of the leg with a non-free sural skin-fascia vascularized flap on the distal vascular pedicle from the contralateral leg.

The flap was started to be formed in the upper third of the lower leg from the separation of the axial vessels along the calf nerve. The flap width at this level was the maximum and made 12 cm. Following subfascially in the distal direction, the graft separation was continued up to the place of the exit of the vessels supplying the tissue complex from the intercostal membrane — 6 cm above the medial malleolus. The length of the flap was 22 cm. The formed sural skin-fascia flap was able to replace up to 80% of the soft tissue defect. The rest of the wound with a granulating base as well as the donor area were closed with a split skin autograft from the outer surface of the left thigh. The lower limbs were externally fixed using the KSVP external fixator, which also protects the transplanted flap from external compression (Fig. 6).

In the postoperative period, uncomplicated complete engraftment of the transplanted flap and split skin autograft was achieved. Three weeks later, the flap pedicle was cut off under local anesthesia, the Ex-Fix was removed, and the legs were separated (Fig. 7).

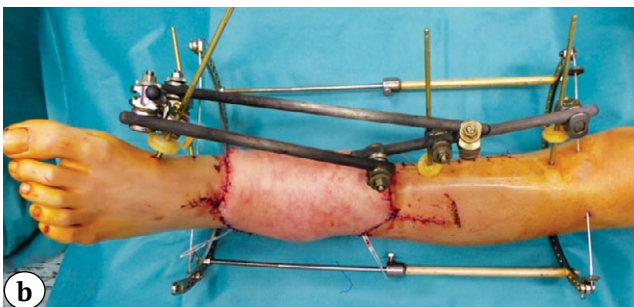


Fig. 4. Marking of the anterolateral flap on the right thigh (a); view of the left lower limb on the 1st day after the transplantation of the vascularized tissue complex in the device (b)

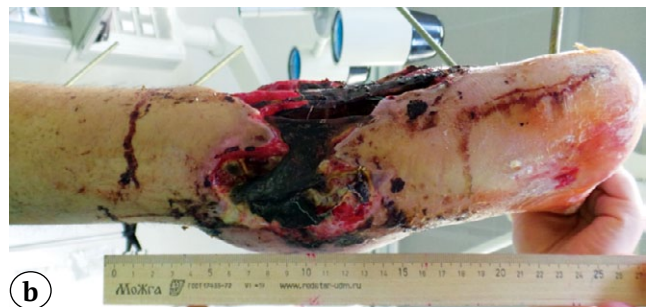


Fig. 5. Left lower limb from the inside (a) and from the back (b) of the left tibia (b) with a partially necrotized transplanted anterolateral flap

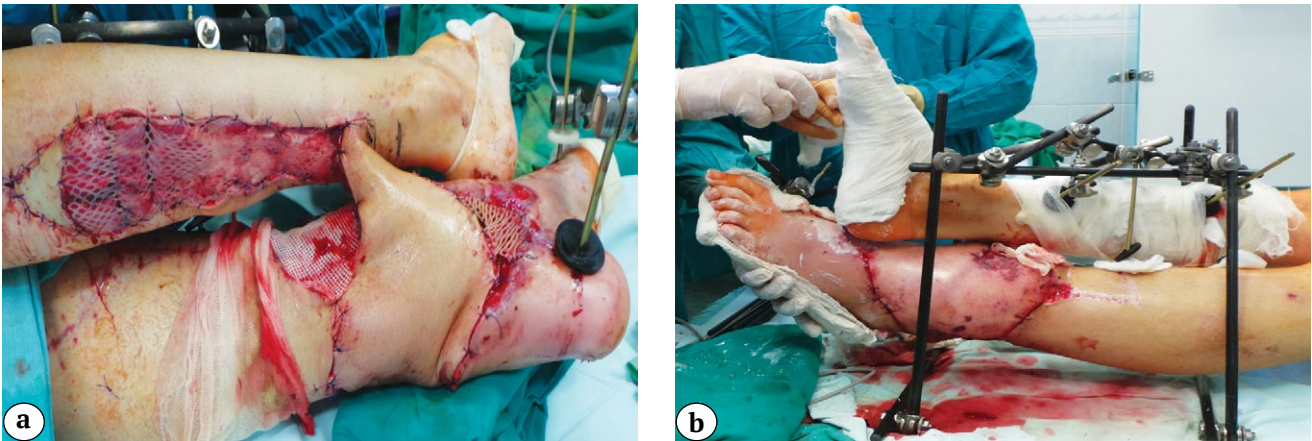


Fig. 6. Lower limb view after transposition of a vascularized sural flap from a healthy limb (a); fixation of both lower limbs in a frame-type external fixator in suspension (b)

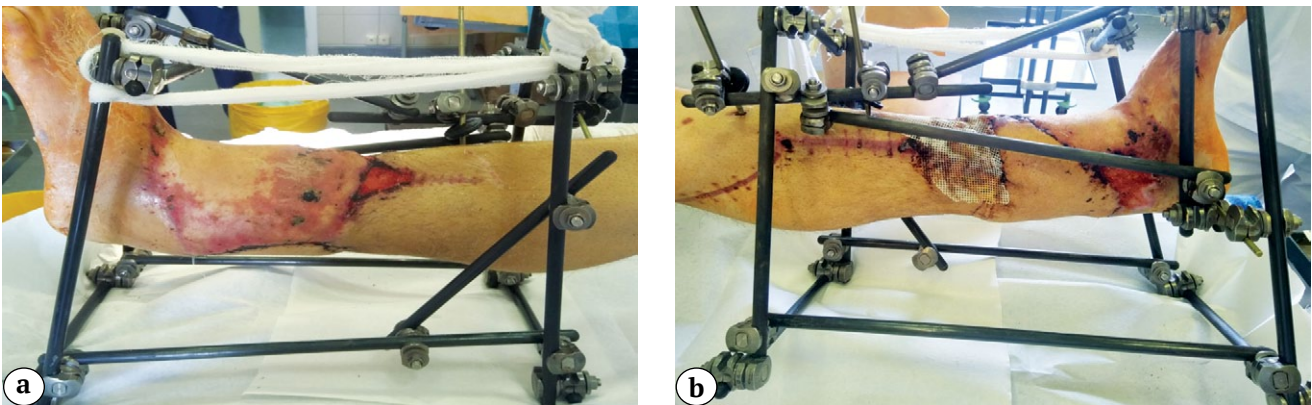


Fig. 7. View of the lower limb and foot after cutting off the pedicle of the sural flap: a – external surface; b – internal surface

After immobilization was discontinued, the patient started walking on crutches with partial weight bearing on the operated limb. Within 4 weeks, the patient started full weight bearing, which allowed him to completely stop using additional means of support.

At the follow-up examination 2 years after the end of the treatment, the patient complained of persisting swelling of the foot, which occurs when standing upright for a long time and requires elastic compression of the ankle joint. The swelling was caused by impaired lymphatic outflow due to the damage to all venous collaterals in the area of the injury. He walks with full weight bearing on the injured limb without *any* additional means of support (Fig. 8). Pain syndrome is absent, sensitivity of the foot is fully preserved.

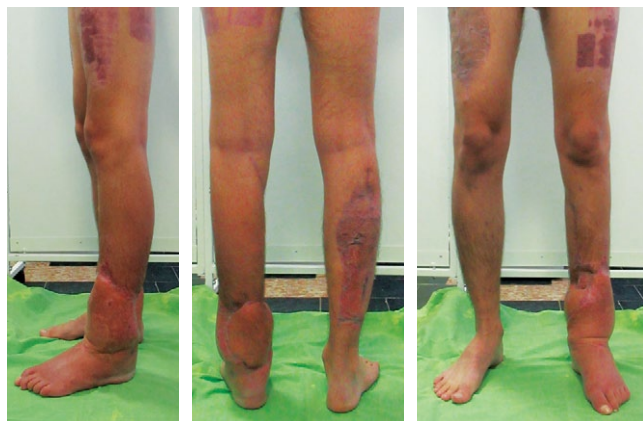


Fig. 8. View of the operated lower limbs 2 years after the surgery

DISCUSSION

Traumatic injuries of the lower limb with extensive soft tissue defects are the result of a high-energy external impact. Due to contamination of the wound surface, as well as the damage to the main vessels, septic inflammation and decompensation of blood supply to the distal parts of the limb become the main causes leading to limb amputation [7, 8, 9]. Before the Industrial Revolution, lower limb injuries were predominantly sustained on the battlefield [10, 11]. The high mortality rate due to infection made primary amputation the standard of care in the management of such injuries [11, 12].

Invention and introduction of penicillin into clinical practice in the 1940s allowed to successfully control wound infection. These developments opened a new era and demonstrated the prospect of the possibility of limb salvage [12]. As a result, amputation was no longer mandatory, shifting the surgical goal to limb preservation. Development of plastic tissue replacement techniques during the 20th century, and in particular, introduction of microsurgical transplants of tissue complexes made limb saving a realistic and pragmatic option for the most complex cases. It should be noted, however, that lower limb defect replacement surgeries, especially on the lower leg bones, despite the progress made in the more than a 50-year history of microsurgery, are still technically the most challenging ones [13].

According to the literature, the probability of uncomplicated engraftment of transplanted free tissue complexes remains lower than in other defect localizations [14]. Thus, according to different authors, reconstructive operations on the lower leg had a favorable outcome in only 80% of patients, while after free flap transplantation in other defect localizations the success was achieved in more than 95% of patients [15, 16]. It is noteworthy that patients with polytrauma are in a state of hypercoagulability, which also worsens the conditions for successful microsurgical reconstruction. Partial or complete necrosis of the transplanted tissue complex, in turn, may lead to the need for limb amputation [17, 18]. Such treatment outcome leads, on the one hand,

to a decrease in the patient's quality of life and, on the other hand, to significant health care costs for further treatment, including the need for limb prosthetics [19]. Thus, partial or complete necrosis of the transplanted flap requires the search for alternative reconstructive approaches. However, there are still few publications on the treatment strategy after failed limb reconstruction [20, 21].

The list of surgical strategies to solve this problem includes the use of the second free flap as well as less complex solutions such as local flaps, NPWT, dermatome grafts or amputation. According to G.G. Hallock, reuse of a vascularized tissue complex ends up developing necrosis 8-10% more often than after the primary surgery, with venous thrombosis being the most common cause of failure [22].

Partial necrosis of the free flap we transplanted was most likely also the result of venous outflow insufficiency from the graft. Accordingly, repeated transplantation of the tissue complex with anastomoses to the posterior tibial vessels was associated with an increased risk of the steal syndrome or thrombosis of the recipient vascular bundle. In both cases, this could cause decompensation of the blood supply to the foot and its necrosis. In case of partial flap loss, some authors suggest considering the use of a split skin graft as an option with a high overall probability of success [23]. In our clinical case, the presence of exposed vessels, nerve and tendons excluded the possibility of using both dermatome graft and NPWT.

Several authors consider skin grafting with local tissues to be a reliable alternative to free flap. One of the most frequently used non-free tissue complexes for replacing defects of the distal parts of the lower limb is a sural skin-fascia flap on the distal pedicle, first described by P. Donski and I. Fogdestam in 1983 [24]. Later, in 1992, A. Masquelet et al. performed a topographic and anatomical justification of the use of the sural flap on the distal vascular pedicle [25]. The generally recognized advantages of this tissue complex are the technical simplicity of its isolation, a long pedicle, a wide rotation arch, minimal damage to the donor area, preservation of the main arteries, and the possibility of

including a large part of the posterior surface of the lower leg in the skin-fascia flap. The combination of these features makes it the flap of choice for replacing extensive defects of the lower leg or foot when transplantation of free tissue complexes is impossible [26]. However, in our case, the presence of a primary circular defect of the lower third of the leg excluded its formation on the same limb. At the same time, there was an option of a non-free flap transplantation from the contralateral healthy limb. The first mention about the use of a cross flap dates to 1854, when the American surgeon F.H. Hamilton used it for the first time to treat a persisting wound of the lower leg [27]. Later this method of reconstructive surgery was successfully applied to replace defects of the distal parts of the lower limbs, especially in the treatment of the injured during World War II. In 1952, R.B. Stark summarized previously obtained treatment results and reported the advantages of this type of plastic surgery in lower limb reconstruction [28]. The implementation of microsurgery in the 1970s significantly narrowed the indications for a cross-dermal grafting. In most cases, they are caused either by general factors (age, diabetes, long history of heavy tobacco smoking, etc.) or local factors (obstructive disease or damage to the main vessels, radiation therapy of the limb, etc.) [29].

In our case report, the use of a cross-sural skin-fascia flap on the distal pedicle with a damage to a part of the main great vessels and an extensive soft tissue defect allowed to restore the skin and preserve the limb of a young patient.

CONCLUSIONS

This clinical case demonstrates the possibility of successful replacement of an extensive circular defect of the lower third of the leg using sequentially free and non-free vascularized tissue complexes. The use of a cross non-free sural skin-fascia flap to close the defect that appeared after partial necrosis of the previously transplanted vascularized anterolateral thigh flap allowed to completely restore the skin of the lower third of the leg. The main advantages of this variant of grafting are the relative technical simplicity of the surgical intervention, short time of the operation. The main disadvantage is the necessity to observe strict bed rest with forced

position of the legs during 3 weeks before the flap cutting. Thus, the main indication for its application is the failure of previously performed reconstructive surgeries on the distal parts of the lower limb.

DISCLAIMERS

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

REFERENCES

1. Khominets V.V., Shchukin A.V., Mikhailov S.V., Shakun D.A., Endovitskaya M.V., Zakharov M.V. Treatment of the Low Extremity Severe Mechanical Injury with Uncompensated Ischemia (Case Report). *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2020;26(1):153-163. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-1-153-163.
2. Lychagin A.V., Gritsyuk A.A., Korytin V.S. Long-term complications of tibial injury. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2022;181(1):80-87. (In Russian). doi: 10.24884/0042-4625-2022-181-1-80-87.
3. Shibaev E.Yu., Ivanov P.A., Kisel D.A., Nevedrov A.V. Closing of soft tissue defects after severe open tibia fractures. *Polytrauma*. 2012;(1):21-31. (In Russian).
4. Gumanenko E.K., Boyarintsev V.V., Suprun T.Yu., Lyashedko P.P. *Objective estimation of injury severity*. St. Petersburg; 1999. p. 3-5. (In Russian).
5. Rating the severity of tissue damage. I. The abbreviated scale. *JAMA*. 1971;215(2):277-280. doi: 10.1001/jama.1971.03180150059012.
6. Johansen K., Daines M., Howey T., Helfet D., Hansen S.T.Jr. Objective criteria accurately predict amputation following lower extremity trauma. *J Trauma*. 1990;30:568-572. doi: 10.1097/00005373-199005000-00007.
7. Colen D.L., Colen L.B., Levin L.S., Kovach S.J. Godina's Principles in the Twenty-First Century and the Evolution of Lower Extremity Trauma Reconstruction. *J Reconstr Microsurg*. 2018;34(08):563-571. doi: 10.1055/s-0037-1607348.
8. Gustilo R.B. Use of antimicrobials in the management of open fractures. *Arch Surg*. 1979;114(7):805-808. doi: 10.1001/archsurg.1979.01370310047010.
9. Leland H.A., Rounds A.D., Burt K.E., et al. Soft tissue reconstruction and salvage of infected fixation hardware in lower extremity trauma. *Microsurgery*. 2018;38(3):259-263. doi: 10.1002/micr.30176.

10. Fang F., Chung K.C. An evolutionary perspective on the history of flap reconstruction in the upper extremity. *Hand Clin.* 2014;30(2):109-122. doi: 10.1016/j.hcl.2013.12.001.
11. Manring M.M., Hawk A., Calhoun J.H., Andersen R.C. Treatment of war wounds: a historical review. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(8):2168-2191. doi: 10.1007/s11999-009-0738-5.
12. Sabino J.M., Slater J., Valerio I.L. Plastic surgery challenges in war wounded I: flap-based extremity reconstruction. *Adv Wound Care (New Rochelle).* 2016;5(9):403-411. doi: 10.1089/wound.2015.0656.
13. Heller L., Levin L.S. Lower extremity microsurgical reconstruction. *Plast Reconstr Surg.* 2001;108(4):1029-1041. doi: 10.1097/00006534-200109150-00036.
14. Khouri R.K., Shaw W.W. Reconstruction of the lower extremity with microvascular free flaps: A 10-year experience with 304 consecutive cases. *J Trauma.* 1989;29(8):1086-1094. doi: 10.1097/00005373-198908000-00005.
15. Basheer M.H., Wilson S.M., Lewis H., Herbert K. Microvascular free tissue transfer in reconstruction of the lower limb. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2008; 61(5):525-528. doi: 10.1016/j.bjps.2007.03.029.
16. Egeler S.A., de Jong T., Luijsterburg A.J.M., Mureau M.A.M. Long-Term Patient-Reported Outcomes following Free Flap Lower Extremity Reconstruction for Traumatic Injuries. *Plast Reconstr Surg.* 2018;141(3):773-783. doi: 10.1097/PRS.0000000000004124.
17. Piwnica-Worms W., Stranix J.T., Othman S., Kozak G.M., Moyer I., Spencer A. et al. Risk Factors for Lower Extremity Amputation Following Attempted Free Flap Limb Salvage. *J Reconstr Microsurg.* 2020;36(7):528-533. doi: 10.1055/s-0040-1710358.
18. Messner J., Harwood P., Johnson L., Itte V., Bourke G., Foster P. Lower limb paediatric trauma with bone and soft tissue loss: Ortho-plastic management and outcome in a major trauma centre. *Injury.* 2020;51(7):1576-1583. doi: 10.1016/j.injury.2020.03.059.
19. MacKenzie E.J., Jones A.S., Bosse M.J., Castillo R.C., Pollak A.N., Webb L.X. et al. Health-care costs associated with amputation or reconstruction of a limb threatening injury. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(8):1685-1692. doi: 10.2106/JBJS.F.01350.
20. Perrot P., Bouffaut A.L., Perret C., Connault J., Duteille F. Risk factors and therapeutic strategy after failure of free flap coverage for lower-limb defects. *J Reconstr Microsurg.* 2011;27(3):157-162. doi: 10.1055/s-0030-1268855.
21. Culliford A.T. 4th, Spector J., Blank A., Karp N.S., Kasabian A., Levine J.P. The fate of lower extremities with failed free flaps: a single institution's experience over 25 years. *Ann Plast Surg.* 2007;59(1):18-21. doi: 10.1097/01.sap.0000262740.34106.1b.
22. Hallock G.G. Fate of a second perforator free flap used to salvage failure of the first perforator free flap. *J Reconstr Microsurg.* 2013;29(8):523-530. doi: 10.1055/s-0033-1348900.
23. Liu H.-H., Chang C.-K., Huang C.-H., Wu J.R., Chen C.Y., Huang D.W. et al. Use of split-thickness plantar skin grafts in the management of leg and foot skin defects. *Int Wound J.* 2018;15(5):783-788. doi: 10.1111/iwj.12927.
24. Donski P.K., Fogdestam I. Distally based fasciocutaneous flap from the sural region. A preliminary report. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1983;17(3):191-196. doi: 10.3109/02844318309013118.
25. Masquelet A.C., Romana M.C., Wolf G. Skin island flaps supplied by the vascular axis of the sensitive superficial nerves: anatomic study and clinical experience in the leg. *Plast Reconstr Surg.* 1992;89(6):1115-1121. doi: 10.1097/00006534-199206000-00018.
26. Shtutin A.A., Mikhailichenko V.Yu., Shtutin I.A., Samarin S.A. Closure of distal defects of the lower extremity with a sural flap. *Plastic Surgery and Aesthetic Medicine.* 2021;1:52-57. (In Russian). doi: 10.17116/plast.hirurgia202101152.
27. Hamilton F.H. *Elkoplasty, or anaplasty applied to the treatment of old ulcers.* New York : Holman, Gray; 1854.
28. Stark R.B. The cross-leg flap procedure. *Plast Reconstr Surg.* 1952;9(3):173-204. doi: 10.1097/00006534-195203000-00001.
29. Korostelev M.Yu., Shikhaleva N.G., Novikov K.I. Treatment of a patient with a post-traumatic combined extensive defect in the lower leg tissues (case report). *Genij Ortopedii.* 2022;28(5):708-714. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-5-708-714.

Authors' information

✉ Vitaliy S. Ivanov

Address: 6, St. Petersburg, Akademika Lebedeva st., 194044, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-5414-7559>

e-mail: ivanovka78@gmail.com

Maksim V. Tkachenko — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0001-6034-7047>

e-mail: tkachenko_med@mail.ru

Vladimir V. Khominets — Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://orcid.org/0000-0001-9391-3316>

e-mail: khominets_62@mail.ru

Kirill V. Kitachev — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-3244-9561>

e-mail: kitachov@mail.ru



Disengagement of Polyethylene Insert Locking Mechanism in Modular Tibial Components for Knee Arthroplasty: A Case Report

Dmitrii V. Chugaev, Taras A. Kuliaba, Aleksey I. Petukhov, Anastasiya I. Martynenko

*Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics,
St. Petersburg, Russia*

Abstract

Background. Modular tibial components for knee arthroplasty are used in the majority of modern knee replacement systems. Despite a number of limitations, there are many aspects that make these types of implants indispensable for orthopedic surgeons.

Aim — to demonstrate possible risks associated with a modular polyethylene liner with the use of a modular polyethylene insert with a metal fixator, taking a clinical case as an example.

Case description. We present a case of primary total knee arthroplasty in a 70-year-old female patient. The surgery was performed by an experienced surgical team and resulted in good early radiologic and functional treatment outcome. After discharge, approximately 10 days after surgery, the patient developed knee pain. Control X-rays showed migration of the metal pin locking the polyethylene insert. The patient underwent an emergency revision surgery with replacement of the insert. The authors analyze possible causes of this complication and ways of its prevention.

Conclusion. Migration of the insert locking element and dislocation of the insert in locked systems are quite rare complications of the knee arthroplasty. Their causes are soft tissue imbalance of the knee joint during arthroplasty and a number of technical errors. The very fact of using modular components of the joint is a predisposing factor for the disassociation of these modules.

Keywords: total knee arthroplasty, insert dislocation, arthroplasty complications.

Cite as: Chugaev D.V., Kuliaba T.A., Petukhov A.I., Martynenko A.I. Disengagement of Polyethylene Insert Locking Mechanism in Modular Tibial Components for Knee Arthroplasty: A Case Report. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2024;30(1):120-128. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17411>.

✉ Dmitrii V. Chugaev; e-mail: dr.chugaev@gmail.com

Submitted: 10.11.2023. Accepted: 26.02.2024. Published Online: 13.03.2024.

© Chugaev D.V., Kuliaba T.A., Petukhov A.I., Martynenko A.I., 2024

Разобращение фиксирующего механизма полиэтиленового вкладыша в модульном большеберцовом компоненте эндопротеза коленного сустава: клинический случай

Д.В. Чугаев, Т.А. Куляба, А.И. Петухов, А.И. Мартыненко

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии
и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

Реферат


Актуальность. Модульные большеберцовые компоненты эндопротезов коленного сустава используются в большинстве современных систем для замещения коленного сустава. Несмотря на ряд ограничений, имеется множество аспектов, делающих такие виды имплантатов незаменимым инструментом для ортопедического хирурга.


Цель — на клиническом примере показать потенциальные риски, связанные с использованием модульного полиэтиленового вкладыша с металлическим фиксирующим механизмом.

Описание клинического случая. Представлен случай первичного тотального эндопротезирования коленного сустава у пациентки 70 лет. Операция была выполнена опытной хирургической бригадой с хорошим ранним рентгенологическим и функциональным результатом лечения. После выписки, примерно через 10 дней после операции, у пациентки появилась боль в коленном суставе. На контрольных рентгенограммах была выявлена миграция металлической «шпильки», фиксирующей полиэтиленовый вкладыш. В экстренном порядке пациентке была выполнена ревизионная операция с заменой вкладыша.

Заключение. Миграция замыкающего элемента вкладыша и вывих вкладыша в фиксированных системах являются достаточно редкими осложнениями эндопротезирования коленного сустава. Причинами, приводящими к данным осложнениям, являются неадекватный мягкотканый баланс коленного сустава в ходе эндопротезирования и ряд технических ошибок. Сам факт использования модульных компонентов сустава является предрасполагающим фактором разобращения этих модулей.

Ключевые слова: тотальное эндопротезирование коленного сустава, вывих вкладыша эндопротеза, осложнения эндопротезирования.

 **Для цитирования:** Чугаев Д.В., Куляба Т.А., Петухов А.И., Мартыненко А.И. Разобращение фиксирующего механизма полиэтиленового вкладыша в модульном большеберцовом компоненте эндопротеза коленного сустава: клинический случай. *Травматология и ортопедия России*. 2024;30(1):120-128. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17411>.

 Чугаев Дмитрий Валерьевич; e-mail: dr.chugaev@gmail.com

Рукопись получена: 10.11.2023. Рукопись одобрена: 26.02.2024. Статья опубликована онлайн: 13.03.2024.

© Чугаев Д.В., Куляба Т.А., Петухов А.И., Мартыненко А.И., 2024

BACKGROUND

The modularity of the tibial prosthetic component, in addition to the possibility of using metal wedges, blocks, and stems during revision or primary complex knee arthroplasty, also implies the modularity of polyethylene inserts of various configurations [1]. The use of asymmetrical tibial components and inserts for right and left knee prostheses of different thicknesses and geometries (classic posterior cruciate retaining insert, ultra-congruent insert, posterior cruciate substituting insert) within one prosthetic system gives the orthopedic surgeon a greater freedom of action and numerous highly effective intraoperative options [2]. At the same time, it is obvious that the more modules there are, the higher risk of mutual wear, disassembly, and other types of mechanical damage is. In particular, the so-called backside wear, or wear of the backside of the polyethylene insert against the upper surface of the tibial component during flexion-extension cycles in the knee, is an important factor in the development of osteolysis and eventually revision of the artificial joint [3, 4, 5, 6].

The main tools that ensure the modularity of tibial components of modern knee prostheses are various mechanisms of polyethylene insert fixation. It should be noted that their disassembly and dislocation are extremely rare complications and, according to the data of E. Thienpont, account for 0.008% [7], which, nevertheless, does not make them less catastrophic and requires emergency revision arthroplasty with replacement of the modular elements.

Aim of the study is to demonstrate possible risks associated with the use of a modular polyethylene insert with a metal locking element, taking the following clinical case as an example.

CLINICAL CASE DESCRIPTION

A 70-year-old female patient came to the clinic of the Vreden National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics for terminal left-sided knee osteoarthritis with varus deformity and combined contracture of the joint (Fig. 1).

Total knee arthroplasty was performed on the right knee a year earlier in the same department of the Center without perioperative complications and with a good functional result.

After preoperative preparation performed in accordance with the Center's protocols, total left knee arthroplasty with implantation of the posterior cruciate retaining prosthesis was performed using the standard medial approach (Fig. 2).



Fig. 1. Knee X-rays performed on admission to the clinic



Fig. 2. Postoperative knee X-rays performed the day after arthroplasty

The operation was performed using a pneumatic tourniquet (tourniquet exposure time was 65 min) with minimal intraoperative blood loss. Surgical intervention time was 65 min. Implantation of the locking element (pin) was carried out without any technical difficulties. The pin was inserted into the groove with tight resistance, blocking the polyethylene insert. The operation was performed by an experienced

surgeon who had carried out more than 5,000 arthroplasties and was familiar with the Zimmer Biomet Vanguard system. This surgeon had also performed the arthroplasty in the patient's contralateral knee a year earlier.

The course of the early postoperative period was uncomplicated, and the patient was discharged in satisfactory condition on the 4th day of the postoperative period with a range of motion in the knee joint of 0°/0°/95° (extension/0°/flexion). At the outpatient stage, the patient continued rehabilitation at home, including walking with additional support with the use of crutches and performing physical therapy exercises. She reported that, unrelated to the injury, the slight pain that had been bothering her after the surgery became extremely pronounced within a few days, localizing in the anteromedial part of the knee, and the range of motion became limited. The patient addressed to her attending physician. X-ray control of the knee joint in two views was recommended: a migration of the insert fixator was found (Fig. 3).

On the day of referral, the patient underwent preoperative preparation and emergency revision surgery with replacement of the entire module (polyethylene insert and its metal fixator) with a new one (Fig. 4). Knee revision revealed no other injuries, signs of improper insert fixation, soft tissue impingement, frontal or sagittal instability of the prosthetic knee, "open book" symptom, or other problems that could be an obvious cause of the complication.

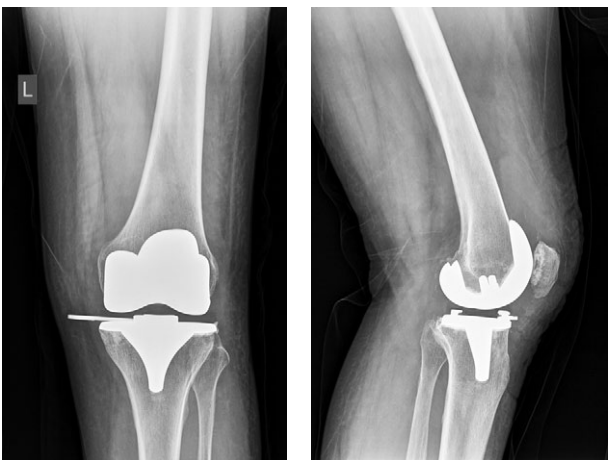


Fig. 3. Knee X-rays with signs of migration of the insert locking element

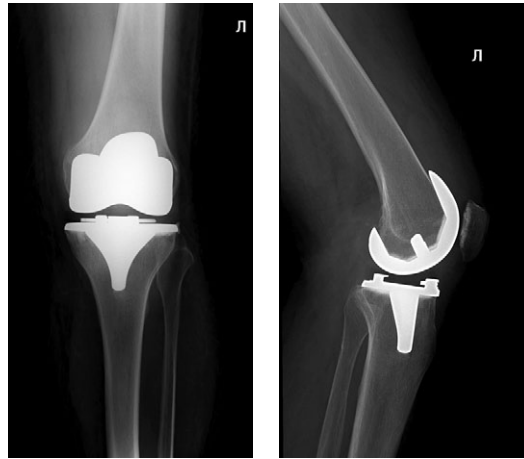


Fig. 4. Knee X-rays after revision surgery

Examination of the explanted insert and its fixator revealed no damage or manufacturing defects. The explanted module was handed over to Zimmer Biomet representatives, and its examination by expert technologists revealed no signs of manufacturing defects or mechanical damage to the fixation system. The postoperative period was uncomplicated, the patient underwent rehabilitation course and completed the treatment with a satisfactory functional result.

DISCUSSION

The complication we have described corresponds to the statement that a serious and often tragic event is caused by the actions that are, at first glance, not obvious and not too related to each other. For example, analyzing the course of the operation, we understand that the implantation of the insert is performed at the final stage of the surgery, when the attention of the operator and their assistants is distracted by the fact that the main, most complicated stages of the operation have been completed. Fixation of the insert is often performed in a hurry, as the cement begins to polymerize, and it is essential to remove excess cement and make sure that the components are placed correctly. At this stage, soft tissue impingement may occur in the locking element of the tibial component-insert module. The polyethylene component in the dovetail system may not fit into the thin metal slides and may not be fixed over the entire surface. The

fixation screw in central fixation systems may not be inserted coaxially with its channel, and these problems can be combined.

Current approaches to insert fixation systems in tibial components. Currently, all variants of fixation of plastic inserts in the metal tibial component can be divided into four main groups with variations: with linear fixation mechanism, peripheral fixation, central fixation or hybrid fixation.

The linear type of fixation is most often represented by the dovetail fixation mechanism, which has metal slides on the tibial component of the prosthesis, over which the polyethylene insert is impacted using the press-fit method (Fig. 5).

Peripheral fixation involves press-fit impaction of the polyethylene insert around the circumference of the tibial insert in the manner of a tight-fitting cap or plug (Fig. 6).

In the central type of press-fit insert fixation, the fixation of the insert in the tibial component

is supplemented by the use of a central screw to stabilize the modular components (Fig. 7).

Hybrid fixation can have elements of several of the above-mentioned systems to ensure a high level of stability of the modular system tibial component-plastic insert, as, for example, in the case of the Vanguard implant by Zimmer Biomet (Fig. 8).

The need for different types of plastic insert fixation is heterogeneous in nature. For some types of prostheses, it is an inheritance of the parent prosthetic systems developed in the second half of the 20th century, for others it is an opportunity to design a different device from the competitors in one or another form that can show better fixation characteristics of the insert and less wear of the reverse side of the plastic surface. In practice, we observe that there are no perfect concepts of mechanical fixation and for each there are nuances that can lead to disassembly of the modular system [7, 8, 9].

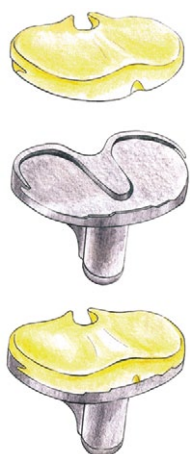


Fig. 5. Linear type of fixation of the polyethylene insert in the tibial component of the knee endoprosthesis ("dovetail")

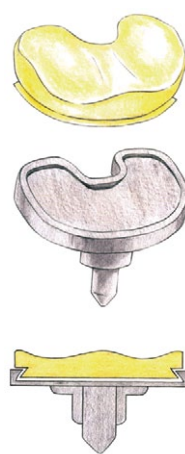


Fig. 6. Peripheral type of fixation of the polyethylene insert in the tibial component of the knee endoprosthesis

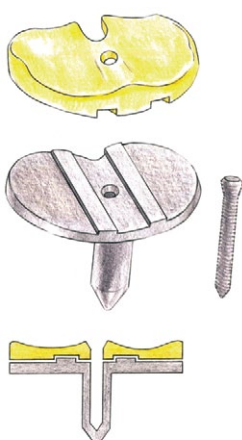


Fig. 7. Central type of fixation of the polyethylene insert in the tibial component of the knee endoprosthesis

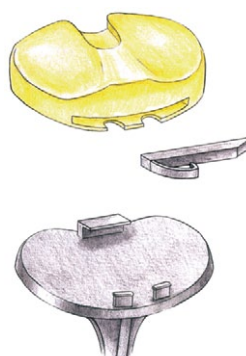


Fig. 8. Hybrid type of fixation of the polyethylene insert in the tibial component of the knee endoprosthesis

Risk factors for disassembly of the modular fixation system of the tibial component and the polyethylene insert. A common factor that can lead to disassembly of the insert and the tibial component or their locking elements is the ligamentous imbalance that persists after arthroplasty [7]. Even modern types of implants cannot fully imitate the native kinematics of the knee joint, and uncorrected pathological motion patterns in the artificial joint can lead to mechanical fatigue of some or other fixation elements [8, 10, 11].

Thus, for central fixation systems, in particular, for a number of revision systems where the polyethylene insert is fixed with a central screw, the realization of the so-called screw home mechanism of the knee is critical, which due to repeated rotational movements leads to unwinding of the polyethylene's fixator element [12, 13, 14].

The so-called lift-off ("open book") and pull-out (pronounced sagittal instability due to excessive height of the flexion gap) phenomena are more critical for central and peripheral fixation systems [15, 16]. In the first case, we are dealing with an unbalanced flexion gap that is tighter in the posterior regions (for example, if the posterior cruciate ligament has not been released), which leads to elevation of the anterior aspect of the insert. In the second case, the lack of sagittal stability due to a too big flexion gap leads to the development of a positive anterior drawer test.

The most critical pathologic motion pattern for hybrid fixation system, which was used in our case, is mediolateral instability due to constant micromotion of the insert, which leads to displacement of the fixation element, the so-called "pin" [7, 17].

Special attention should be paid to the disassembly of the insert from the tibial component in CCK/VVC systems, in which an additional factor that initiates insert disassembly is the increased frontal and rotational load on the plastic stabilizer [8, 13].

Content analysis of the modern literature covering the surgical problem under consideration shows that there are no clear patterns that can be identified in patients with this complication of arthroplasty. Thus, the authors point out that, as a rule, women suffer more frequently, and statistically more often joint

replacement is performed in this gender group. According to the researchers' observations, this complication occurs after arthroplasty on the contralateral limb with a favorable outcome. The complication is registered after operations performed by experienced surgeons, which may only indicate that their sample is larger [7, 17].

This complication can occur with all known systems of insert fixation, with the only difference being that with the use of a pin fixing the insert, its migration becomes immediately obvious and forces the patient to consult a doctor, whereas a polyethylene insert fixation failure may remain undiagnosed for some time, even if X-ray is performed.

One of the solutions to this surgical problem, which might occur in all currently used modular systems for arthroplasty, is the wider use of all-polyethylene cemented tibial components (referred to in foreign literature as all-poly) or non-modular (monoblock) implants in which the plastic work surface is fixed to the metal at the manufacturing stage [4]. This is a good surgical option, as this type of orthopedic constructs has a number of clearly underestimated advantages [4, 18, 19]. This type of prosthetic component has no backside wear compared to modular systems for obvious reasons. The lack of modular mobility reduces the amount of wear products of the insert getting into the surrounding tissues. Consequently, osteolysis and aseptic loosening induced by polyethylene microparticles develop more slowly, which is an important factor for better survival of the implant [20, 21, 22].

The lower cost of all-poly and monoblock implants compared to modular tibial components is promising when implementing knee arthroplasty in economically less developed regions. This alternative option when choosing a tibial component allows for rational allocation of funding in case of a limited resource of one or another type of construction. In addition, it saves money in favor of increasing the number of knee arthroplasties performed without compromising the quality and hypothetical survival of the implants placed [4, 23].

An obvious disadvantage of all-poly and monoblock implants is the inability to use modular extension stems/augments in cases where this is necessary (revision arthroplasty, massive bone defects, etc.) [18].

The use of all-poly tibial components, especially with relatively thin plastic, may be associated with uneven loading on the cancellous part of the tibial metaphysis. Modular types of implants do not have this problem due to the distribution of peak impact loads over the entire surface of the metal tibial component, whereas all-polyethylene tibial components do not bypass the forces that are transmitted when the femoral component contacts the plastic work surface. This could theoretically damage the tibial component-cement-bone interface and lead to aseptic loosening in the long term [4, 19]. At the same time, there is a plethora of high-quality studies, including meta-analyses, convincingly showing comparable survival rates of modular and non-modular polyethylene knee prosthetic components [4, 18, 23, 24, 25].

The functional outcome of knee arthroplasty with all-poly and modular designs has no significant differences at all due to the identity of the working module “femoral component-polyethylene”, which gives practitioners another reason for the wider use of all-polyethylene components in daily surgical practice [24, 25].

A number of orthopedic surgeons have an opinion about the age limits of all-poly use – this type of tibial components should be used in patients over 70 years of age, as well as in individuals with reduced physical activity and low functional demands [24]. But nowadays, due to excellent survival results and identical functional outcomes, we see a trend towards the use of all-poly components in younger individuals as well [18, 24, 26].

Despite the above-mentioned advantages of all-poly and monoblock tibial prosthetic components, most physicians still prefer to implant modular types of prostheses in their practice. The final argument seems to be that revision of modular systems often only allows for isolated insert replacement, which is a small and time-efficient operation. However, as the analysis of current literature, national registry data, and daily practice show, the percentage of such revisions is extremely low, because aseptic loosening of the prosthetic components is the

leading cause of revision interventions [27, 28]. Most often, revision arthroplasties require removal of both the insert and the tibial metal component [19, 29]. Therefore, the main limitation of using all-poly and non-modular tibial components in arthroplasty obviously remains the prejudices of our colleagues.

CONCLUSIONS

Migration of the insert locking element and dislocation of the insert in fixed systems are quite rare complications of knee arthroplasty. Nevertheless, they are catastrophic in terms of the need for emergency hospitalization and the most urgent revision intervention possible. The causes of these complications include mediolateral, frontal, or other ligamentous instability and unbalanced isometric flexion and extension gaps. The cause of insufficient primary fixation of the insert in its metal bed may be the soft tissue impingement with a fragment of the joint capsule or synovial membrane, which was pinched during implantation of prosthetic components. The very fact that modular components are used during knee arthroplasty is a predisposing factor for the disassembly of these modules. Analysis of the modern literature does not provide a simple answer to the question: “How to avoid this complication?”, except for the most obvious one – a wider use of non-modular systems (all-polyethylene components and monoblocks) in everyday practice.

DISCLAIMERS

Acknowledgment. The authors would like to express their deep gratitude to I.V. Onyushkina for making drawings.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

REFERENCES

- Castellarin G., Bori E., Menon A., Innocenti B. The effect of different insert design congruencies on the kinematics of a mobile bearing TKA: A cadaveric study. *J Orthop.* 2022;34:89-93. doi: 10.1016/j.jor.2022.07.018.
- Stulberg S.D., Goyal N. Which Tibial Tray Design Achieves Maximum Coverage and Ideal Rotation: Anatomic, Symmetric, or Asymmetric? An MRI-based study. *J Arthroplasty.* 2015;30(10):1839-1841. doi: 10.1016/j.arth.2015.04.033.
- Longo U.G., Ciuffreda M., D'Andrea V., Mannering N., Locher J., Denaro V. All-polyethylene versus metal-backed tibial component in total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(11):3620-3636. doi: 10.1007/s00167-016-4168-0.
- AbuMoussa S., White C.C. 4th, Eichinger J.K., Friedman R.J. All-Polyethylene versus Metal-Backed Tibial Components in Total Knee Arthroplasty. *J Knee Surg.* 2019;32(8):714-718. doi: 10.1055/s-0039-1683979.
- Łapaj Ł, Mróz A., Kokoszka P., Markuszewski J., Wendland J., Helak-Łapaj C., et al. Peripheral snap-fit locking mechanisms and smooth surface finish of tibial trays reduce backside wear in fixed-bearing total knee arthroplasty. *Acta Orthop.* 2017;88(1):62-69. doi: 10.1080/17453674.2016.1248202.
- Conditt M.A., Ismaili S.K., Alexander J.W., Noble P.C. Backside wear of modular ultra-high molecular weight polyethylenetibial inserts. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86(5):1031-1037. doi: 10.2106/00004623-200405000-00022.
- Thienpont E. Failure of tibial polyethylene insert locking mechanism in posterior stabilized arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(12):2685-2688. doi: 10.1007/s00167-012-2018-2.
- Chen C.E., Juhn R.J., Ko J.Y. Dissociation of polyethylene insert from the tibial baseplate following revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2011;26(2):339.e11-339.e13. doi: 10.1016/j.arth.2010.04.016.
- Sisko Z.W., Teeter M.G., Lanting B.A., Howard J.L., McCalden R.W., Naudie D.D., et al. Current Total Knee Designs: Does Baseplate Roughness or Locking Mechanism Design Affect Polyethylene Backside Wear? *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(12):2970-2980. doi: 10.1007/s11999-017-5494-3.
- Hepinstall M.S., Rodriguez J.A. Polyethylene subluxation: a radiographic sign of locking mechanism failure after modular total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2011;26(1):98-102. doi: 10.1016/j.arth.2009.10.020.
- Sanders A.P., Raeymaekers B. The effect of polyethylene creep on tibial insert locking screw loosening and back-out in prosthetic knee joints. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2014;38:1-5. doi: 10.1016/j.jmbbm.2014.06.002.
- Chugaev D.V., Kravtsov E.D., Kornilov N.N., Kulyaba T.A. Anatomical and Biomechanical Features of the Lateral Compartment of the Knee and Associated Technical Aspects of Unicompartmental Knee Arthroplasty: Lecture. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2023;29(2):144-158. doi: 10.17816/2311-2905-2042. (In Russian).
- Rapuri V.R., Clarke H.D., Spangehl M.J., Beauchamp C.P. Five cases of failure of the tibial polyethylene insert locking mechanism in one design of constrained knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2011;26(6):976.e21-976.e24. doi: 10.1016/j.arth.2010.07.013.
- Cho W.S., Youm Y.S. Migration of polyethylene fixation screw after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2009;24(5):825.e5-825.e9. doi: 10.1016/j.arth.2008.07.011.
- Scott R.D., Chmell M.J. Balancing the posterior cruciate ligament during cruciate-retaining fixed and mobile-bearing total knee arthroplasty: description of the pull-out lift-off and slide-back tests. *J Arthroplasty.* 2008;23(4):605-608. doi: 10.1016/j.arth.2007.11.018.
- Migon E.Z., de Freitas G.L, Rodrigues M.W., de Oliveira G.K., de Almeida L.G., Schwartsmann C.R. Spontaneous dislocation of the polyethylene component following knee revision arthroplasty: case report. *Rev Bras Ortop.* 2014;50(1):114-116. doi: 10.1016/j.rboe.2014.12.002.
- Jindal S., Bansal V., Ahmed M. Disengagement of tibial insert locking pin in total knee arthroplasty - A rare failure case report. *J Clin Orthop Trauma.* 2022;33:101996. doi: 10.1016/j.jcot.2022.101996.
- Nachtnebl L., Tomáš T., Apostolopoulos V., Pazourek L., Mahdal M. Long-Term Results of Total Knee Replacement Using P.F.C. Sigma System with an All-Polyethylene Tibial Component. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2021;88(6):412-417. doi: 10.55095/achot2021/061. (In Czech).
- Brihault J., Navacchia A., Pianigiani S., Labey L., De Corte R., Pascale V., et al. All-polyethylene tibial components generate higher stress and micromotions than metal-backed tibial components in total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(8):2550-2559. doi: 10.1007/s00167-015-3630-8.
- Wasielowski R.C., Parks N., Williams I., Surprenant H., Collier J.P., Engh G. Tibial insert undersurface as a contributing source of polyethylene wear debris. *Clin Orthop Relat Res.* 1997;(345):53-59.
- Wasielowski R.C. The causes of insert backside wear in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2002;(404):232-246. doi: 10.1097/00003086-200211000-00037.
- Norgren B., Dalén T., Nilsson K.G. All-poly tibial component better than metal-backed: a randomized RSA study. *Knee.* 2004;11(3):189-196. doi: 10.1016/S0968-0160(03)00071-1.
- Kumar V., Hasan O., Umer M., Baloch N. Cemented all-poly tibia in resource constrained country, affordable and cost-effective care. Is it applicable at this era? Review article. *Ann Med Surg (Lond).* 2019;47:36-40. doi: 10.1016/j.amsu.2019.09.010.
- Apostolopoulos V., Nachtnebl L., Mahdal M., Pazourek L., Boháč P., Janíček P., et al. Clinical outcomes and survival comparison between NexGen all-poly and its metal-backed equivalent in total knee arthroplasty. *Int Orthop.* 2023;47(9):2207-2213. doi: 10.1007/s00264-023-05772-3.
- Gudnason A., Hailer N.P., W-Dahl A., Sundberg M., Robertsson O. All-Polyethylene Versus Metal-Backed Tibial Components-An Analysis of 27,733 Cruciate-Retaining Total Knee Replacements from the Swedish Knee Arthroplasty Register. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96(12):994-999. doi: 10.2106/JBJS.M.00373.

26. Apostolopoulos V., Tomáš T., Boháč P., Marcián P., Mahdal M., Valoušek T., et al. Biomechanical analysis of all-polyethylene total knee arthroplasty on periprosthetic tibia using the finite element method. *Comput Methods Programs Biomed.* 2022;220:106834. doi: 10.1016/j.cmpb.2022.106834.
27. Lewis P.L., Robertsson O., Graves S.E., Paxton E.W., Prentice H.A., W-Dahl A. Variation and trends in reasons for knee replacement revision: a multi-registry study of revision burden. *Acta Orthop.* 2021;92(2):182-188. doi: 10.1080/17453674.2020.1853340.
28. Tikhilov R.M., Kornilov N.N., Kulyaba T.A., Fil A.S., Drozdova P.V. Principles of creation and functioning of knee arthroplasty register. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy.* 2014;1(45):220-226. (In Russian).
29. Jensen C.L., Petersen M.M., Jensen K.E., Therbo M., Schrøder H.M. Outcome of isolated tibial polyethylene insert exchange after uncemented total knee arthroplasty: 27 patients followed for 8-71 months. *Acta Orthop.* 2006;77(6):917-920. doi: 10.1080/17453670610013222.

Authors' information

✉✉ Dmitrii V. Chugaev — Cand. Sci. (Med.)

Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-5127-5088>

e-mail: dr.chugaev@gmail.com

Taras A. Kuliaba — Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0003-3175-4756>

e-mail: taraskuliaba@mail.ru

Aleksey I. Petukhov — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-2403-6521>

e-mail: drpetukhov@yandex.ru

Anastasiya I. Martynenko

<https://orcid.org/0009-0005-0525-6456>

e-mail: martynenko.anst@yandex.ru



Лечение переломов дистального метаэпифиза лучевой кости у пожилых пациентов: обзор литературы

Н.А. Латыпов, И.О. Голубев

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России, г. Москва, Россия

Реферат

Актуальность. Переломы дистального метаэпифиза лучевой кости (ДМЛК) — одна из самых частых травм среди пожилого населения. Их количество неуклонно растет, и эпидемиологи предсказывают дальнейший рост. Несмотря на растущую популярность, эффективность хирургического лечения данной патологии у пожилых пациентов остается дискуссионной.


Цель — определить оптимальный метод лечения переломов дистального метаэпифиза лучевой кости в старшей возрастной группе пациентов на основе сравнительного анализа данных литературы о различных методах лечения — консервативных и хирургических.


Материал и методы. Поиск литературы проведен в базах данных PubMed/MEDLINE, Scopus, Google Scholar, eLIBRARY. Поиск осуществлен по наличию в заголовках и резюме следующих ключевых слов, их производных и комбинаций: лечение, дистальный метаэпифиз лучевой кости, пожилые люди; treatment, distal radius fracture, elderly. Первичный анализ на соответствие критериям включения выполнялся по заголовкам и резюме статей, после чего проводился анализ полнотекстовых статей. Источники, полнотекстовые версии которых были недоступны, исключались из анализа.

Результаты. Проанализированы актуальные эпидемиологические данные, описаны особенности обследования данной возрастной категории пациентов с переломами ДМЛК, выделены основные методы лечения. Основным методом лечения остается консервативное лечение: закрытая репозиция и иммобилизация. Среди хирургических методов лечения в последние десятилетия открытая репозиция с фиксацией ладонной блокируемой пластиной стала доминирующей, вытеснив такие методы, как закрытая репозиция и фиксация спицами либо аппаратом внешней фиксации. На ранних сроках наблюдения пожилые пациенты, оперированные с помощью ладонной блокируемой пластины, имеют функциональные преимущества по сравнению с теми, кто получил консервативное лечение. Однако на отдаленных сроках наблюдения большинство исследований показывают отсутствие существенных различий в функциональных результатах между хирургическим и консервативным лечением, несмотря на различия в рентгенологических результатах в пользу хирургического метода лечения.

Заключение. Для большинства пожилых пациентов оптимальным методом лечения может быть консервативное лечение. Хирургическое вмешательство с помощью ладонной блокируемой пластины оправдано для некоторых групп пожилых пациентов, так как этот метод может увеличивать скорость восстановления после травмы.

Ключевые слова: перелом дистального метаэпифиза лучевой кости, остеопоротические переломы, ладонная блокируемая пластина, гипс, иммобилизация.

 **Для цитирования:** Латыпов Н.А., Голубев И.О. Лечение переломов дистального метаэпифиза лучевой кости у пожилых пациентов: обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2024;30(1):129-141. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15542>.

 Латыпов Нияз Альбертович; e-mail: niyaz.a.latypov@gmail.com

Рукопись получена: 15.09.2023. Рукопись одобрена: 09.01.2024. Статья опубликована онлайн: 04.03.2024.

© Латыпов Н.А., Голубев И.О., 2024



Treatment of Distal Radius Fractures in Elderly Patients: A Review

Niyaz A. Latypov, Igor O. Golubev

National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow, Russia

Abstract

Background. Distal radius fractures (DRF) are one of the most common injuries in the elderly population. Their incidence increases steadily, with epidemiologists predicting further growth. Despite its growing prevalence, the efficacy of surgical treatment for this pathology in elderly patients remains debatable.

Aim – to determine the optimal method for treating distal radius fractures in the elderly population basing on a comparative analysis of the literature data on various treatment methods, including conservative and surgical ones.

Methods. A search was performed in PubMed/MEDLINE, Scopus, Google Scholar, and eLIBRARY databases according to the following keywords, their derivatives and combinations in the titles and abstracts: treatment, distal radius fracture, elderly. Initial analysis for meeting the inclusion criteria was performed on the article titles and abstracts, followed by analysis of the full-text articles. The sources with unavailable full-text versions were excluded from the analysis.

Results. Current epidemiological data were studied, specific aspects of physical examination of elderly patients with distal radius fractures were described, the main treatment methods were determined. The main treatment method remains the conservative one: closed reduction and immobilisation. Open reduction and internal fixation with a volar locking plate has become the leading surgical treatment method in recent decades, replacing such methods as closed reduction and fixation with wires or external fixation. At early follow-up, elderly patients operated on with volar locking plate show better functional results than those who received conservative treatment. However, at long-term follow-up, most studies show no significant differences in functional outcomes after surgical and conservative treatment, despite the differences in radiological data in favour of surgical treatment.

Conclusion. For the majority of elderly patients, conservative treatment may be the optimal treatment option. Surgical intervention using a volar locking plate may be justified for certain groups of elderly patients, as this method may accelerate rehabilitation after injury.

Keywords: distal radius fracture, osteoporotic fractures, volar locking plate, cast, immobilisation.

Cite as: Latypov N.A., Golubev I.O. Treatment of Distal Radius Fractures in Elderly Patients: A Review. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2024;30(1):129-141. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15542>.

✉ Niyaz A. Latypov; e-mail: niyaz.a.latypov@gmail.com

Submitted: 15.09.2023. Accepted: 09.01.2024. Published Online: 04.03.2024.

© Latypov N.A., Golubev I.O., 2024

ВВЕДЕНИЕ

Переломы дистального метаэпифиза лучевой кости (ДМЛК) — одни из самых распространенных переломов среди пожилых людей — их доля может достигать 18% в структуре всех переломов [1]. Количество переломов ДМЛК неуклонно растет с каждым годом, и эпидемиологи предсказывают их дальнейший рост в ближайшие десятилетия [2, 3]. Консервативное лечение остается основным методом лечения данных переломов у пожилых пациентов [4]. Однако в последние десятилетия возрастает количество оперируемых пациентов, а основным методом хирургического лечения стала открытая репозиция и фиксация ладонной блокируемой пластиной [2, 5]. Несмотря на растущую популярность, эффективность хирургического лечения данной патологии у пожилых пациентов остается дискуссионной.

Цель исследования — определение оптимального метода лечения переломов дистального метаэпифиза лучевой кости в старшей возрастной группе пациентов на основе сравнительного анализа литературных данных о различных методах лечения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Поиск литературы проводился в базах данных PubMed/MEDLINE, Scopus, Google Scholar, eLIBRARY. Поиск осуществлен по наличию в заголовках и резюме следующих ключевых слов, их производных и комбинаций: лечение, дистальный метаэпифиз лучевой кости, пожилые, treatment, distal radius fracture, elderly. Первичный анализ на соответствие критериям включения выполнялся по заголовкам и резюме статей, после чего проводился анализ полнотекстовых статей. Источники, полнотекстовые версии которых были недоступны, исключались из анализа. Кроме того, списки литературы найденных статей дополнительно проверялись на наличие источников, соответствующих цели публикации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Понятие «пожилой пациент» в травматологии и ортопедии

Понятие «пожилой пациент» не обязательно определяется физиологическими критериями, такими как минеральная плотность кости, или требованиями к качеству жизни, а скорее социальными нормами и правовым определением пенсионного возраста. В отсутствие четких критериев в гериатрической литературе возраст 65 лет принимается в качестве порогового значения [6]. В исследованиях по травматологии и ортопедии существует множество интерпретаций определения пожилой человек в зависимости от возраста (от 50 лет до 80 лет и старше). По данным обзора литературы S. Sabharwal с соавторами, большинство статей

(47%), посвященных пожилому населению, определяет их как людей 65 лет и старше [7].

Эпидемиология

Согласно последнему опубликованному отчету НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова о травматизме в России, количество переломов предплечья среди лиц старше трудоспособного возраста росло с 2017 г. (204 818 случаев в год) по 2019 г. (217 612 случаев в год), однако снизилось в 2020 г. и составило 200 443 случая [8].

В последние десятилетия во всем мире наблюдается устойчивый рост числа переломов ДМЛК. В Дании с 1997 по 2018 г. их частота выросла на 20% [4]. Эпидемиологи предсказывают дальнейший рост числа переломов этой локализации с течением времени. Например, в Швеции частота переломов дистального отдела предплечья выросла на 23% с 1999 до 2010 г., а по прогнозам эпидемиологов, к 2050 г. вырастет еще на 38% [2]. Эпидемиологи из Великобритании предсказывают общее увеличение количества переломов ДМЛК на 23%, а в возрастной группе старше 50 лет — на 33% к 2036 г. [3]. В возрастной группе 65 лет и старше переломы ДМЛК могут составлять 18% от всех переломов [1]. Заболеваемость среди пожилых пациентов в значительной степени варьирует в разных странах. Например, среди женщин возрастной группы 80–89 лет от 515 на 100 000 населения в Великобритании [3] до более чем 1000 случаев на 100 000 населения в Финляндии [9].

Факторами риска переломов лучевой кости у пожилых пациентов является женский пол, европеоидная раса и наличие остеопороза [10]. Согласно последним эпидемиологическим исследованиям, проведенным в Швеции [5], Финляндии [9, 11], Дании [4] и Великобритании [3], риск получения перелома ДМЛК почти в 5 раз выше у женщин, чем у мужчин [3, 4, 5, 9, 11]. Стоит отметить, что частота переломов ДМЛК резко возрастает среди женщин 50–59 лет, продолжает расти почти в два раза каждые 10 лет жизни до достижения 90-летнего возраста, а частота переломов ДМЛК у пожилых мужчин остается относительно низкой, немного возрастая лишь к 80-летнему возрасту.

Имеется прямая зависимость частоты переломов ДМЛК у пожилых пациентов от погодных условий и сезона: риск получить перелом возрастает в зимнее время года, особенно при неблагоприятной погоде, которая создает условия для скольжения (средняя температура 0°C или ниже, ледяной дождь и т.п.) [9, 12].

Большинство переломов происходит в результате низкоэнергетической травмы, когда человек во время падения пытается предотвратить травму головы и туловища, выставляя разогнутую руку [10, 13].

Среди пожилого населения переломы ДМЛК связаны с остеопорозом. Остеопороз является значимым фактором риска перелома лучевой кости в возрастной группе 65 лет и старше как для мужчин, так и для женщин. В России среди лиц в возрасте 50 лет и старше остеопороз выявляется у 34% женщин и 27% мужчин, а частота остеопении составляет 43% и 44% соответственно. Частота остеопороза увеличивается с возрастом [14]. Люди, страдающие остеопорозом, получают перелом ДМЛК чаще, чем в основной популяции. В исследовании из Норвегии было показано, что среди женщин, получивших низкоэнергетический перелом лучевой кости, частота встречаемости остеопороза составила 34%, а в контрольной группе — только 10%, среди мужчин эти цифры составляли 17% и 13% соответственно [15].

Перелом ДМЛК может быть предвестником других, более серьезных переломов на фоне остеопороза, таких как перелом проксимального отдела бедренной кости, тел позвонков [16, 17]. Пациентам, имеющим в анамнезе низкоэнергетический перелом ДМЛК, следует определять минеральную плотность костей и направлять их к специалисту по остеопорозу для базовой оценки статуса [10, 18, 19].

Пациенты с остеопорозом и остеопенией получают более тяжелые внутрисуставные переломы ДМЛК, чем те, у которых минеральная плотность костей в норме. В исследовании R.A.E. Clayton с соавторами описана зависимость тяжести перелома лучевой кости от степени снижения минеральной плотности кости [20]. Наблюдалась значительная линейная корреляция между низкими показателями минеральной плотности кости и высоким риском раннего вторичного смещения, неправильного сращения перелома. Остеопороз может являться фактором риска худшего функционального результата хирургического лечения [21].

Особенности клинического обследования

В работе L.S. Levin с соавторами отмечается, что анамнез должен включать механизм травмы (высоко- или низкоэнергетическая), информацию о доминантной руке, профессии, увлечениях и сопутствующих заболеваниях пациента. Также важно учитывать наличие деформаций от предыдущих травм, остеоартрита, которые могли нарушать функцию конечности до травмы. Важное значение имеет использование дополнительных приспособлений для передвижения (трость, ходунки и прочее) и уровень самообслуживания пациента в повседневной жизни. Все эти данные важны для понимания требований к качеству жизни пациента, что может иметь решающее значение при выборе лечебной тактики [10]. Уровень активности пациента до травмы может являться предиктором

функциональных результатов лечения. В исследовании R.C. Hooper с соавторами выявлено, что у пациентов старше 60 лет более высокий уровень активности до травмы связан с более высокими функциональными результатами лечения [22].

В клиническом обследовании следует оценивать кровоснабжение и чувствительность травмированной конечности. Наличие онемения и парестезии в зоне иннервации срединного нерва требует особого внимания, так как острый синдром карпального канала может возникать в 5,4–8,6% от всех переломов ДМЛК [23]. Также следует обращать внимание на наличие ран, так как у пожилых пациентов кожа может быть истончена и подвержена разрывам. Это нужно учитывать во время выполнения закрытой репозиции отломков [10].

Лечение

Целью успешного лечения переломов ДМЛК является восстановление оси конечности и получение в итоге безболезненной и функциональной конечности. В идеальных условиях стоит стремиться к восстановлению анатомической целостности лучевой кости, но для ДМЛК были выделены параметры допустимого смещения отломков, включая укорочение лучевой кости менее чем на 2 мм, наклон суставной поверхности лучевой кости во фронтальной плоскости не менее 10°, наклон суставной поверхности в сагиттальной плоскости от 10° к тылу до 20° к ладони и внутрисуставная ступень не более 2 мм [24]. Однако, согласно последним исследованиям, пациенты старшей возрастной группы, особенно с низкими требованиями к качеству жизни, могут адаптироваться к деформации ДМЛК и жить с ней [25], а рентгенологическая картина может не иметь корреляции с функциональными результатами [26].

Консервативное лечение

Консервативное лечение переломов ДМЛК остается основным методом лечения данной патологии в старшей возрастной группе [4, 5]. Лечение переломов без смещения отломков у пожилых пациентов включает наложение гипсовой повязки и наблюдение. Несмотря на то, что переломы ДМЛК без смещения имеют меньше шансов на вторичное смещение, чем переломы со смещением, рекомендуется еженедельный клинико-рентгенологический контроль в течение 4–6 нед. для своевременного выявления возможного смещения отломков [10]. Консервативное лечение переломов ДМЛК со смещением отломков заключается в закрытой репозиции отломков, наложении гипсовой повязки и последующем наблюдении.

Для обезболивания во время закрытой репозиции отломков у данной возрастной группы используют различные методы: введение анестети-

ка в место перелома, непосредственно в гематому [10, 27], проводниковую анестезию [28], внутривенную седацию [27] и даже общую анестезию [28].

Используемый метод иммобилизации варьирует в различных исследованиях. Некоторые авторы применяют иммобилизацию короткой повязкой без фиксации локтевого сустава [27], другие — с фиксацией локтевого сустава [10]. Последние рандомизированные контролируемые исследования показывают, что гипсовая повязка с захватом локтевого сустава ничем не лучше повязки ниже локтевого сустава: различий в рентгенологических параметрах и в функциональных результатах не выявляется [29, 30, 31]. Рандомизированное контролируемое исследование, в котором сравнивалась иммобилизация в функциональном положении кистевого сустава и в положении сгибания и локтевой девиации у пациентов 65 лет и старше, выявило более выгодные отдаленные функциональные результаты в группе с фиксацией в функциональном положении. Более того, затраты на лечение пациентов с фиксацией в положении сгибания и локтевой девиации были в два раза выше за счет необходимости более длительного реабилитационного лечения [32].

M. Lafontaine с соавторами среди основных факторов, определяющих нестабильность перелома ДМЛК, указывали возраст старше 60 лет [33]. Вторичное смещение после первичной репозиции отломков встречается у пациентов возрастной группы 65 лет и старше чаще, чем у более молодых пациентов, и может достигать 89% [34]. Некоторые авторы ставят под сомнение необходимость закрытой репозиции отломков у пациентов данной возрастной группы, особенно среди людей с низкими функциональными требованиями, так как они находят ее неэффективной: в большинстве случаев первоначальная репозиция не сохраняется [28, 35]. Однако в одном из последних исследований была показана эффективность закрытой репозиции у пациентов 65 лет и старше [36]. В исследовании из Турции среди пациентов со средним возрастом 73,9 лет, получивших консервативное лечение перелома ДМЛК, 74% пациентов продемонстрировали хороший и отличный рентгенологические результаты, а 88,9% получили хороший и отличный функциональные результаты [27].

Повторная репозиция отломков после неудачной первой попытки или после вторичного смещения отломков не приводит к улучшению результатов и не рекомендуется к проведению [37, 38].

Хирургическое лечение

Основными хирургическими методами лечения переломов ДМЛК у пожилых пациентов являются закрытая репозиция отломков и фиксация аппа-

ратом внешней фиксации (АВФ) либо спицами; открытая репозиция отломков и внутренняя фиксация ладонной блокируемой пластиной, тыльной блокируемой пластиной либо мостовидной пластиной.

Согласно большому эпидемиологическому исследованию из Дании если на рубеже XX–XXI вв. основным методом хирургического лечения пациентов 65 лет и старше была фиксация АВФ, то с 2007–2008 гг. начала резко возрастать популярность открытой репозиции и фиксации ладонной пластиной, которая на сегодняшний день является основным методом хирургического лечения [4].

Фиксация спицами

Закрытая репозиция и фиксация спицами является простым и самым экономически эффективным методом хирургического лечения [39, 40]. Несмотря на относительно высокий уровень послеоперационных осложнений, некоторые авторы считают закрытую репозицию и фиксацию спицами эффективным методом хирургического лечения переломов ДМЛК со смещением отломков, особенно внесуставных переломов с умеренным раздроблением тыльного или ладонного кортикального слоя [39]. В рандомизированном исследовании с участием 100 пациентов, возраст которых в среднем составил 65 лет, сравнивались два метода фиксации спицами: техника Капанджи (интрафокальное введение спиц) и техника Вилленеггера (косое введение спиц через шиловидный отросток лучевой кости). Результаты оценивались как хорошие и очень хорошие для техники Капанджи и удовлетворительные и хорошие для техники Вилленеггера. Функциональные и рентгенологические результаты были статистически значимо лучше в группе, которую оперировали с помощью техники Капанджи. Стоит отметить, в этом исследовании принимали участие пациенты с переломами типов А2, А3, С1 по классификации АО. Уровень осложнений составил 30% — в основном это были проблемы с нервами и миграция спиц [39].

Рандомизированное контролируемое исследование китайских коллег, в котором сравнивались консервативное лечение пациентов 65 лет и старше (средний возраст 70 лет) методами закрытой репозиции и наложения гипсовой повязки и фиксация спицами внесуставных нестабильных переломов, показало, что рентгенологические результаты были статистически значимо лучше в группе пациентов, которых оперировали спицами, однако функциональный результат и качество жизни через год не отличались в обеих группах [41]. В другом исследовании при сравнении функциональных и рентгенологических отдаленных результатов лечения пожилых пациентов с переломами типа С1 по клас-

сификации АО не было выявлено значимых различий между группами оперированных ладонной пластиной и спицами [42].

Фиксация аппаратом внешней фиксации

Еще одним малоинвазивным методом хирургического лечения пациентов с переломом ДМЛК является закрытая репозиция и наложение АВФ, которые могут быть дополнены введением спиц.

Многие авторы успешно применяли АВФ для лечения пациентов 65 лет и старше, получая хорошие и отличные функциональные результаты (до 87% случаев) [43]. Однако уровень осложнений может достигать 47%, чаще всего это инфекция кожи вокруг стержней [44].

В ретроспективном исследовании С. Aktekin с соавторами сравнивали функциональный и рентгенологический результаты у пациентов 65 лет и старше, которых лечили с помощью АВФ либо закрытой репозиции и фиксации гипсовой повязкой. Статистически значимо лучше в группе АВФ были лишь разгибание кисти, локтевая девиация, высота лучевой кости и наклон суставной поверхности в сагиттальной плоскости, однако другие показатели, включая уровень осложнений, результаты по опроснику DASH и движения в кистевом суставе, статистически не различались [45].

Рандомизированное контролируемое исследование пациентов 60–85 лет, сравнивающее хирургическое лечение с помощью АВФ с консервативным лечением, не выявило значимых различий в клинических результатах, несмотря на разницу в рентгенологических данных [46].

Ретроспективный анализ результатов лечения пациентов 80 лет и старше, сравнивающий фиксацию АВФ с фиксацией ладонной пластиной, показал, что рентгенологические результаты лучше, а уровень осложнений ниже в группе с использованием ладонной пластины, однако субъективные функциональные результаты с помощью опросников в этом исследовании не оценивались [47].

Внутренняя фиксация

Одним из методов внутренней фиксации является использование тыльной блокируемой пластины. К ее преимуществам относится то, что при внутрисуставных переломах лучевой кости возможна визуализация суставной поверхности из тыльного доступа, не повреждая мощные ладонные связки, а также относительно простой доступ, удаленность крупных сосудисто-нервных стволов [10, 48]. Однако с установкой тыльных пластин сопряжен повышенный риск раздражения сухожилий разгибателей, что приводит к необходимости удаления фиксаторов в 25–33% случаев [48].

Самый часто используемый метод внутренней фиксации — это фиксация ладонной блоки-

руемой пластиной. Появление в начале 2000-х гг. современных ладонных блокируемых пластин и публикация результатов их успешного использования у пожилых пациентов обусловили возрастание популярности этого метода лечения [49, 50, 51]. На сегодняшний день до 96% всех хирургических интервенций по поводу переломов ДМЛК у пациентов 65 лет и старше — фиксация ладонной пластиной [4]. Данный метод фиксации показывает хорошие функциональные и рентгенологические результаты лечения нестабильных переломов ДМЛК среди пожилых [52, 53]. Также у пожилых пациентов при сравнении с тыльными пластинами ладонные пластины показывают функционально более выгодные результаты в объеме движений, силе кулачного хвата и уровне боли на сроке 6 мес. после операции [54]. Более того, ладонные блокируемые пластины показывают преимущества в функциональном и рентгенологическом результатах среди пожилых пациентов в сравнении с фиксацией спицами [55] и АВФ [47, 56]. Стоит отметить, что исследования по экономической эффективности различных методов лечения переломов ДМЛК у пациентов старших возрастных групп показывают, что общие затраты на лечение переломов с помощью внутренней фиксации ладонной блокируемой пластиной значительно выше, чем при других методах фиксации и консервативном лечении [40, 57, 58].

Еще одним методом внутренней фиксации является мостовидная фиксация с помощью специальной пластины, перекидывающейся через кистевой сустав, при которой используется принцип лигаментотаксиса. Обычно такие пластины удаляются на сроке 3 мес. после установки и показывают хорошие функциональные результаты [59]. Мостовидные пластины показали свою эффективность у пожилых пациентов с многооскольчатыми переломами ДМЛК и являются методом выбора при данной патологии [60].

Описана и применяется интрамедуллярная фиксация переломов ДМЛК у пожилых пациентов, однако применение этого метода фиксации остается ограниченным [61].

Гемиартропластика является одним из вариантов лечения так называемых невосстановимых переломов ДМЛК у пожилых активных пациентов, однако этот метод пока не получил широкого распространения [62].

Костная пластика

У пожилых пациентов с остеопорозом, оскольчатыми переломами и потерей костной массы в метафизе лучевой кости после устранения смещения и восстановления длины кости для поддержания суставной поверхности и возмещения костной массы могут использоваться различные

костные ауто- и аллотрансплантаты, а также биологические и синтетические костные заменители [63]. Некоторые авторы успешно применяли синтетический гидроксипатит у пожилых пациентов, дополняя им фиксацию спицами [64], также применяют бета-трикальцийфосфат, дополняя им фиксацию ладонной пластиной [65]. В тех случаях, когда фиксация проводится ладонной блокируемой пластиной с угловой стабильностью и восстановлен контакт крепкого ладонного кортикального слоя, использование костной пластики необязательно [63].

Осложнения

Исследование К. Lutz с соавторами, в котором анализируется уровень осложнений после хирургического и консервативного лечения у пожилых пациентов, показало, что самыми частыми осложнениями являлись нейропатия срединного нерва, инфекция области послеоперационной раны и комплексный регионарный болевой синдром. Также сообщалось о разрыве сухожилий разгибателей и рубцовом блоке сухожилий. В целом осложнения встречались чаще всего у пациентов после остеосинтеза тыльной пластиной [66].

Одно из последних рандомизированных исследований показало, что наибольшее число осложнений у пациентов возрастной группы 60 лет и старше наблюдалось после консервативного лечения из-за высокой частоты неправильного сращения. Среди хирургических методов наибольшее число осложнений наблюдалось в группе АВФ по сравнению с внутренней фиксацией ладонной пластиной и фиксацией спицами. Самым частым осложнением при фиксации спицами и АВФ была инфекция мест введения спиц или стержней, а в группе ладонной пластины — компрессионная нейропатия срединного нерва [67]. Другое рандомизированное контролируемое исследование, сравнивающее результаты хирургического (ладонная пластина) и консервативного лечения пациентов старше 65 лет, в котором уровень осложнений был выбран в качестве первичного исхода, не выявил различий в уровне осложнений между группами [68].

Систематический обзор литературы, выполненный R.J. Diaz-García с соавторами, касающийся результатов лечения нестабильных переломов ДМЛК среди пожилых пациентов, показал, что серьезные осложнения, требующие дополнительных хирургических вмешательств, случаются чаще среди пациентов, перенесших хирургическое лечение, чем среди тех, кто получил консервативное лечение [69]. Другой систематический обзор Y. Chen с соавторами, анализирующий результаты различных видов хирургического и консервативного лечения, также выявил статистически значимо более высокий уровень

осложнений, требующих хирургической коррекции, в группе оперативного вмешательства [70]. Систематические обзоры и мета-анализы, сравнивающие результаты хирургического лечения с помощью ладонной пластины и консервативного лечения среди пациентов 60 лет и старше, также не находят статистически значимой разницы в уровнях осложнений между группами [71, 72].

Частым осложнением переломов дистального отдела лучевой кости является неправильное сращение. Известно, что у молодых людей смещение костных отломков и неправильное сращение приводят к значительному нарушению функции, болям, ограничению движений, развитию посттравматического артроза кистевого сустава и требуют хирургической коррекции [73]. Однако в старшей возрастной группе многие исследователи не находят корреляции между рентгенологическим и функциональным результатами [69, 74, 75]. G.N. Nelson с соавторами показали, что даже высокоактивные пациенты старше 60 лет хорошо адаптируются к неправильно сросшемуся перелому лучевой кости, и неправильное сращение не влияет на отдаленный функциональный результат [76]. У пациентов возрастной группы 80 лет и старше также не обнаружено различий в функциональных результатах в зависимости от наличия или отсутствия неправильного сращения перелома ДМЛК [77].

Несмотря на то, что большинство пациентов пожилого возраста не имеют выраженных нарушений функции и сильных болей после консервативного лечения, видимая деформация конечности может беспокоить некоторых из них, и это должно учитываться в процессе принятия решения о лечебной тактике [10]. Однако в некоторых исследованиях все-таки была выявлена взаимосвязь между плохим функциональным результатом и неудовлетворительным рентгенологическим. Например, в исследовании К. Fujii с соавторами плохой функциональный результат был ассоциирован с укорочением лучевой кости на 6 мм и более в группе пациентов 60 лет и старше [78].

Функциональные результаты

Имеются исследования, в которых показано, что при хирургическом лечении переломов ДМЛК у пациентов старшей возрастной группы ладонной блокируемой пластиной можно добиться более функционально и рентгенологически выгодных результатов в сравнении с консервативным лечением [53, 79, 80, 81]. Например, в недавнем рандомизированном контролируемом исследовании из Швеции сравнивались консервативное лечение и внутренняя фиксация ладонной блокируемой пластиной у пациентов со свежим нестабильным переломом ДМЛК в возрасте 75 лет и старше. Было показано, что результаты опросников DASH и

PRWE, а также сила кулачного хвата были статистически значимо лучше в группе с использованием ладонной пластины, а уровень осложнений был одинаковым в обеих группах [80].

Однако большинство исследований последних лет не выявило разницы в функциональных результатах при хирургическом или консервативном лечении, несмотря на различия в рентгенологической картине [68, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90]. В рандомизированном контролируемом исследовании R. Aroga с соавторами сравнивали функциональный и рентгенологический результаты хирургического (ладонная пластина) и консервативного лечения пациентов старше 65 лет. На сроке 12 мес. не было выявлено значимых различий в объеме движений и уровне боли. В раннем послеоперационном периоде показатели опросников DASH и PRWE были ниже в группе оперированных, однако на сроках 6 и 12 мес. различий уже не наблюдалось. Пациенты из группы оперированных имели большую силу хвата кисти на всем протяжении наблюдения. Рентгенологические результаты ожидаемо были лучше в группе оперированных, однако анатомическое восстановление целостности кости не было связано с улучшением функции и большим объемом движений. Уровень осложнений был значимо ниже в группе консервативного лечения [82]. В международном мультицентровом исследовании K.C. Chung с соавторами показали, что у пациентов возрастной группы 60 лет и старше отдаленный функциональный результат через год не зависит от метода лечения, будь то внутренняя фиксация пластиной, фиксация спицами, фиксация аппаратом внешней фиксации или консервативное лечение. Несмотря на то, что в группе консервативного лечения неправильное сращение перелома возникло в 47% случаев, функциональные результаты в данной группе были удовлетворительными [85]. В одном из последних рандомизированных контролируемых исследований, в котором сравнивались результаты лечения пациентов 65 лет и старше, также не было выявлено различий в функциональных результатах по опросникам QuickDASH и PRWE между группой хирургического лечения с помощью ладонной пластины и группой консервативного лечения [68].

Нужно отметить, что результаты исследований следует интерпретировать в контексте минимальной клинически значимой разницы. Минимальная клинически значимая разница опросника — минимальное изменение в результатах опросника, которое воспринимается пациентом как значимое изменение. Существуют методики определения этого порогового значения. Например, в одном

из исследований была определена минимальная клинически значимая разница для опросника PRWE при переломах дистального метаэпифиза лучевой кости, которая составила 11,5 баллов [91]. Для опросника DASH минимальная клинически значимая разница при переломах лучевой кости не определялась, но в исследовании после декомпрессии локтевого нерва она составила 7 баллов [92], а в исследовании при различных патологиях руки — 10,83 балла [93]. Концепция минимальной клинически значимой разницы предлагается в качестве нового стандарта для определения эффективности лечения и удовлетворенности пациента результатами лечения. Если разница в результатах между сравниваемыми группами не превышает порогового значения, то эта разница не считается клинически значимой, несмотря на то, что она может быть статистически значимой. Например, последние систематические обзоры и метаанализы, посвященные сравнению хирургического и консервативного лечения ДМЛК у пожилых пациентов, выявляют статистически значимую разницу в результатах опросника DASH между группами в 5,9 баллов [72] и в 4,03 балла [94], однако, поскольку эта разница не превышает самую низкую опубликованную минимальную клинически значимую разницу для опросника DASH, авторы делают вывод о том, что выявленная разница не имеет клинической значимости. Другие систематические обзоры и метаанализы, посвященные сравнению хирургического и консервативного лечения пациентов пожилого возраста, также не выявили разницы в отдаленных результатах между группами сравнения [69, 70, 71].

Нужно отметить, что в исследованиях ряда авторов функциональные результаты на ранних сроках наблюдения (6 нед. — 3 мес.) были лучше в группе хирургического лечения с использованием ладонной пластины [72, 82, 85]. Эффект исчезал на отдаленных сроках наблюдения (1 год), однако результаты могут свидетельствовать о том, что скорость восстановления при хирургическом вмешательстве ладонной пластиной выше, и оно может быть рекомендовано высокоактивным пациентам, людям, использующим вспомогательные средства для ходьбы, а также тем, кому принципиально важна скорость восстановления.

Более того, стоит отметить, что группы пациентов в исследованиях, систематических обзорах и метаанализах остаются гетерогенными. В большинство из них включаются пациенты с разными типами переломов, в них не учитывается уровень активности пациентов до травмы, их функциональные потребности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На отдаленных сроках наблюдения большинство исследований показали отсутствие существенных различий в функциональных результатах между хирургическим и консервативным лечением переломов ДМЛК у пожилых пациентов, несмотря на различия в рентгенологических результатах. Поэтому для большинства пациентов данной

возрастной группы оптимальным методом лечения может быть консервативное. Хирургическое вмешательство с использованием ладонной блокируемой пластины может быть оправдано для некоторых групп пожилых пациентов, так как эта методика может ускорить их восстановление после травмы.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Возможный конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

DISCLAIMERS

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Nellans K.W., Kowalski E., Chung K.C. The epidemiology of distal radius fractures. *Hand Clin.* 2012;28:113-125. doi: 10.1016/j.hcl.2012.02.001.
- Jerrhag D., Englund M., Karlsson M.K., Rosengren B.E. Epidemiology and time trends of distal forearm fractures in adults – a study of 11.2 million person-years in Sweden. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18(1):240. doi: 10.1186/s12891-017-1596-z.
- Stirling E.R.B., Johnson N.A., Dias J.J. Epidemiology of distal radius fractures in a geographically defined adult population. *J Hand Surg Eur Vol.* 2018;43(9):974-982. doi: 10.1177/1753193418786378.
- Viberg B., Tofte S., Rønnegaard A.B., Jensen S.S., Karimi D., Gundtoft P.H. Changes in the incidence and treatment of distal radius fractures in adults – a 22-year nationwide register study of 276,145 fractures. *Injury.* 2023;54(7):110802. doi: 10.1016/j.injury.2023.05.033.
- Rundgren J., Bojan A., Mellstrand Navarro C., Enocson A. Epidemiology, classification, treatment and mortality of distal radius fractures in adults: an observational study of 23,394 fractures from the national Swedish fracture register. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1):88. doi: 10.1186/s12891-020-3097-8.
- Brenner H., Arndt V. Epidemiology in aging research. *Exp Gerontol.* 2004;39(5):679-686. doi: 10.1016/j.exger.2004.02.006.
- Sabharwal S., Wilson H., Reilly P., Gupte C.M. Heterogeneity of the definition of elderly age in current orthopaedic research. *Springerplus.* 2015;4:516. doi: 10.1186/s40064-015-1307-x.
- Соломянник И.А., Загородний Н.В., Родионова С.С., Дорохин А.И., Коньшина А.В., Горбатюк Д.С. и др. Травматизм, ортопедическая заболеваемость, организация травматолого-ортопедической помощи в Российской Федерации. Под ред. С.П. Миронова. Москва; 2022. с. 150-153.
Solomyannik I.A., Zagorodnii N.V., Rodionova C.C., Dorokhin A.I., Kon'shina A.V., Gorbatyuk D.S. et al. Injury rate, orthopedic morbidity, organization of trauma and orthopedic care in the Russian Federation. Ed. by S.P. Mironov. Moscow; 2022. p. 150-153.
- Flinkkilä T., Sirniö K., Hippilä M., Hartonen S., Ruuhela R., Ohtonen P. et al. Epidemiology and seasonal variation of distal radius fractures in Oulu, Finland. *Osteoporos Int.* 2011;22(8):2307-2312. doi: 10.1007/s00198-010-1463-3.
- Levin L.S., Rozell J.C., Pulos N. Distal Radius Fractures in the Elderly. *J Am Acad Orthop Surg.* 2017;25(3):179-187. doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00676.
- Raudasoja L., Aspinen S., Vastamäki H., Ryhänen J., Hulkkonen S. Epidemiology and Treatment of Distal Radius Fractures in Finland – A Nationwide Register Study. *J Clin Med.* 2022;11(10):2851. doi: 10.3390/jcm11102851.
- Giladi A.M., Shauver M.J., Ho A., Zhong L., Kim H.M., Chung K.C. Variation in the Incidence of Distal Radius Fractures in the US Elderly as Related to Slippery Weather Conditions. *Plast Reconstr Surg.* 2014;133(2):321-332. doi: 10.1097/01.prs.0000436796.74305.38.
- Solvang H.W., Nordheggen R.A., Clementsen S., Hammer O.-L., Randsborg P.-H. Epidemiology of distal radius fracture in Akershus, Norway, in 2010-2011. *J Orthop Surg.* 2018;13(1):199. doi: 10.1186/s13018-018-0904-0.
- Михайлов Е.Е., Беневоленская Л.И. Эпидемиология остеопороза и переломов. В кн.: *Руководство по остеопорозу.* Под ред. Л.И. Беневоленской. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний; 2003. p. 10-55.
Mikhailov E.E., Benevolenskaya L.I. In: *A guide to osteoporosis.* Ed. by L.I. Benevolenskaya. Moscow: BINOM. Laboratoriya znanii; 2003. p. 10-55.
- Oyen J., Brudvik C., Gjesdal C.G., Tell G.S., Lie S.A., Hove L.M. Osteoporosis as a risk factor for distal radial fractures: a case-control study. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93:348-356. doi: 10.2106/JBJS.J.00303.
- Barrett-Connor E., Sajjan S.G., Siris E.S., Miller P.D., Chen Y.-T., Markson L.E. Wrist fracture as a predictor of future fractures in younger versus older postmenopausal women: results from the National Osteoporosis Risk Assessment (NORA). *Osteoporos Int.* 2008;19(5):607-613. doi: 10.1007/s00198-007-0508-8.

17. Chen C.-W., Huang T.-L., Su L.-T., Kuo Y.-C., Wu S.-C., Li C.-Y. et al. Incidence of subsequent hip fractures is significantly increased within the first month after distal radius fracture in patients older than 60 years. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013;74(1):317-321. doi: 10.1097/ta.0b013e31824bb325.
18. Lewiecki E.M., Watts N.B., McClung M.R., Petak S.M., Bachrach L.K., Shepherd J.A. et al. Official positions of the international society for clinical densitometry. *J Clin Endocrinol Metab.* 2004;89(8):3651-3655. doi: 10.1210/jc.2004-0124.
19. Евстигнеева Л.П., Кузнецова Е.В., Низамутдинова Р.М., Васев А.В., Лаврентьев А.С. Диагностика и лечение остеопороза у пациентов старших возрастных групп после низкотравматического перелома лучевой кости. *Остеопороз и остеопатии.* 2016;19(2):22. doi: 10.14341/osteo2016222-22. Evstigneeva L.P., Kuznetsova E.V., Nizamutdinova R.M., Vasev A.V., Lavrent'ev A.S. Diagnosis and treatment of osteoporosis in patients of older age groups after a low-traumatic fracture of the radius. *Osteoporosis and Bone Diseases.* 2016;19(2):22. (In Russian). doi: 10.14341/osteo2016222-22
20. Clayton R.A.E., Gaston M.S., Ralston S.H., Court-Brown C.M., McQueen M.M. Association between decreased bone mineral density and severity of distal radial fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(3):613-619. doi: 10.2106/JBJS.H.00486.
21. Fitzpatrick S.K., Casemyr N.E., Zurakowski D., Day C.S., Rozenal T.D. The effect of osteoporosis on outcomes of operatively treated distal radius fractures. *J Hand Surg.* 2012;37(10):2027-2034. doi: 10.1016/j.jhsa.2012.06.025.
22. Hooper R.C., Zhou N., Wang L., Shauver M.J., Chung K.C., WRIST Group. Pre-injury activity predicts outcomes following distal radius fractures in patients age 60 and older. *PLoS One.* 2020;15(5):e0232684. doi: 10.1371/journal.pone.0232684.
23. Niver G.E., Ilyas A.M. Carpal tunnel syndrome after distal radius fracture. *Orthop Clin North Am.* 2012;43(4):521-527. doi: 10.1016/j.ocl.2012.07.021.
24. Mauck B.M., Swigler C.W. Evidence-Based Review of Distal Radius Fractures. *Orthop Clin North Am.* 2018;49(2):211-222. doi: 10.1016/j.ocl.2017.12.001.
25. Arora R., Gabl M., Erhart S., Schmidle G., Dallapozza C., Lutz M. Aspects of Current Management of Distal Radius Fractures in the Elderly Individuals. *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 2011;2 (5-6):187-194. doi: 10.1177/2151458511426874.
26. Lawson A., Naylor J., Mittal R., Kale M., Xuan W., Harris I.A. Does Radiographic Alignment Correlate With Patient-Reported Functional Outcomes and Posttreatment Complications in Older Patients Treated for Wrist Fractures? *J Hand Surg.* 2023;48(6):533-543. doi: 10.1016/j.jhsa.2023.02.012.
27. Dayican A., Unal V.S., Ozkurt B., Portakal S., Nuhoglu E., Tumoz M.A. Conservative treatment in intra-articular fractures of the distal radius: a study on the functional and anatomic outcome in elderly patients. *Yonsei Med J.* 2003;44(5):836-840. doi: 10.3349/ymj.2003.44.5.836.
28. Beumer A., McQueen M.M. Fractures of the distal radius in low-demand elderly patients: closed reduction of no value in 53 of 60 wrists. *Acta Orthop Scand.* 2003;74(1): 98-100. doi: 10.1080/00016470310013743.
29. Caruso G., Tonon F., Gildone A., Andreotti M., Altavilla R., Valentini A. et al. Below-elbow or above-elbow cast for conservative treatment of extra-articular distal radius fractures with dorsal displacement: a prospective randomized trial. *J Orthop Surg.* 2019;14(1):477. doi: 10.1186/s13018-019-1530-1.
30. Gamba C., Fernandez F.A.M., Llavall M.C., Diez X.L., Perez F.S. Which immobilization is better for distal radius fracture? A prospective randomized trial. *Int Orthop.* 2017;41(9):1723-1727. doi: 10.1007/s00264-017-3518-y.
31. Park M.J., Kim J.P., Lee H.I., Lim T.K., Jung H.S., Lee J.S. Is a short arm cast appropriate for stable distal radius fractures in patients older than 55 years? A randomized prospective multicentre study. *J Hand Surg Eur Vol.* 2017;42(5):487-492. doi: 10.1177/1753193417690464.
32. Ax M., Reito A., Hevonkorpi T.P., Palola V., Kukkonen J., Luukkala T. et al. A comparison of the functional results and costs of functional cast and volar-flexion ulnar deviation cast at 2-year follow-up in 105 patients aged 65 and older with dorsally displaced distal radius fracture: A randomized controlled trial. *PLoS One.* 2023;18(4):e0283946. doi: 10.1371/journal.pone.0283946.
33. Lafontaine M., Delince P., Hardy D., Simons M. Instability of fractures of the lower end of the radius: apropos of a series of 167 cases. *Acta Orthop Belg.* 1989;55:203-216. (In French).
34. Makhni E.C., Ewald T.J., Kelly S., Day C.S. Effect of patient age on the radiographic outcomes of distal radius fractures subject to nonoperative treatment. *J Hand Surg.* 2008;33(8):1301-1308. doi: 10.1016/j.jhsa.2008.04.031.
35. Neidenbach P., Audigé L., Wilhelmi-Mock M., Hanson B., De Boer P. The efficacy of closed reduction in displaced distal radius fractures. *Injury.* 2010;41(6):592-598. doi: 10.1016/j.injury.2009.10.055.
36. Hassellund S.S., Oftebro I., Williksen J.H., Søreide E., Madsen J.E., Frihagen F. Closed reduction of dorsally displaced distal radius fractures in the elderly provided improved final radiographic results. *J Orthop Surg.* 2023;18(1):247. doi: 10.1186/s13018-023-03733-5.
37. Hoffer A.J., St George S.A., Banaszek D.K., Roffey D.M., Broekhuysen H.M., Potter J.M. If at first you don't succeed, should you try again? The efficacy of repeated closed reductions of distal radius fractures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2023;143(8):5095-5103. doi: 10.1007/s00402-023-04904-z.
38. Schermann H., Kadar A., Dolkart O., Atlan F., Rosenblatt Y., Pritsch T. Repeated closed reduction attempts of distal radius fractures in the emergency department. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018;138(4):591-596. doi: 10.1007/s00402-018-2904-2.
39. Strohm P.C., Müller C.A., Boll T., Pfister U. Two procedures for Kirschner wire osteosynthesis of distal radial fractures. A randomized trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86(12): 2621-2628. doi: 10.2106/00004623-200412000-00006.
40. Yoon A.P., Shauver M.J., Hutton D.W., Chung K.C., WRIST Group. Cost-Effectiveness of Treatments after Closed Extraarticular Distal Radius Fractures in Older Adults from the WRIST Clinical Trial. *PLast Reconstr Surg.* 2021;147(2):240e-252e. doi: 10.1097/PRS.00000000000007528.
41. Wong T.C., Chiu Y., Tsang W.L., Leung W.Y., Yam S.K., Yeung S.H. Casting versus percutaneous pinning for extra-articular fractures of the distal radius in an elderly Chinese population: a prospective randomised controlled trial. *J Hand Surg Eur Vol.* 2010;35(3):202-208. doi: 10.1177/1753193409339941.

42. Yigit Ş. Comparative results of radius distal AO type C1 fractures of elderly women by two different techniques. *Acta Bio-Medica Atenei Parm.* 2020;91(2):315-321. doi: 10.23750/abm.v91i2.8712.
43. Ochman S., Frerichmann U., Armsen N., Raschke M.J., Meffert R.H. Is use of the fixateur externe no longer indicated for the treatment of unstable radial fracture in the elderly? *Unfallchirurg.* 2006;109(12):1050-1057. (In German). doi: 10.1007/s00113-006-1166-6.
44. Atroshi I., Brogren E., Larsson G.-U., Kloow J., Hofer M., Berggren A.-M. Wrist-bridging versus non-bridging external fixation for displaced distal radius fractures: a randomized assessor-blind clinical trial of 38 patients followed for 1 year. *Acta Orthop.* 2006;77(3):445-453. doi: 10.1080/17453670610046389.
45. Aktekin C.N., Altay M., Gursoy Z., Aktekin L.A., Ozturk A.M., Tabak A.Y. Comparison between external fixation and cast treatment in the management of distal radius fractures in patients aged 65 years and older. *J Hand Surg.* 2010;35(5):736-742. doi: 10.1016/j.jhsa.2010.01.028.
46. Földhazy Z., Ahrengart L. External fixation versus closed treatment of displaced distal radial fractures in elderly patients: a randomized controlled trial. *Curr Orthop Pract.* 2010;21(3):288-295. doi: 10.1097/BCO.0b013e3181cd6513.
47. Huang Y.-Y., Lin T.-Y., Chen C.-H., Chou Y.-C., Su C.-Y. Surgical outcomes of elderly patients aged more than 80 years with distal radius fracture: comparison of external fixation and locking plate. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1):91. doi: 10.1186/s12891-020-3101-5.
48. Geissler W.B. Management Distal Radius and Distal Ulnar Fractures with Fragment Specific Plate. *J Wrist Surg.* 2013;2(2):190-194. doi: 10.1055/s-0033-1341409.
49. Beharrie A.W., Beredjikian P.K., Bozentka D.J. Functional outcomes after open reduction and internal fixation for treatment of displaced distal radius fractures in patients over 60 years of age. *J Orthop Trauma.* 2004;18(10):680-686. doi: 10.1097/00005131-200411000-00005.
50. Jupiter J.B., Ring D., Weitzel P.P. Surgical treatment of redisplaced fractures of the distal radius in patients older than 60 years. *J Hand Surg.* 2002;27(4):714-723. doi: 10.1053/jhsu.2002.34007.
51. Orbay J.L., Fernandez D.L. Volar fixed-angle plate fixation for unstable distal radius fractures in the elderly patient. *J Hand Surg.* 2004;29(1):96-102. doi: 10.1016/j.jhsa.2003.09.015.
52. Figl M., Weninger P., Jurkowitsch J., Hofbauer M., Schauer J., Leixnering M. Unstable distal radius fractures in the elderly patient – volar fixed-angle plate osteosynthesis prevents secondary loss of reduction. *J Trauma.* 2010;68(4):992-998. doi: 10.1097/TA.0b013e3181b99f71.
53. Martinez-Mendez D., Lizaur-Utrilla A., de-Juan-Herrero J. Intra-articular distal radius fractures in elderly patients: a randomized prospective study of casting versus volar plating. *J Hand Surg Eur Vol.* 2018;43(2):142-147. doi: 10.1177/1753193417727139.
54. Jakubietz R.G., Gruenert J.G., Kloss D.F., Schindele S., Jakubietz M.G. A randomised clinical study comparing palmar and dorsal fixed-angle plates for the internal fixation of AO C-type fractures of the distal radius in the elderly. *J Hand Surg Eur Vol.* 2008;33(5):600-604. doi: 10.1177/1753193408094706.
55. Marcheix P.S., Dotzis A., Benkö P.E., Siegler J., Arnaud J.P., Charissoux J.L. Extension fractures of the distal radius in patients older than 50: a prospective randomized study comparing fixation using mixed pins or a palmar fixed-angle plate. *J Hand Surg Eur Vol.* 2010;35(8):646-651. doi: 10.1177/1753193410364179.
56. Schmelzer-Schmied N., Wieloch P., Martini A.K., Daecke W. Comparison of external fixation, locking and non-locking palmar plating for unstable distal radius fractures in the elderly. *Int Orthop.* 2009;33(3):773-778. doi: 10.1007/s00264-007-0504-9.
57. Mellstrand Navarro C., Brolund A., Ekholm C., Heintz E., Hoxha Ekström E., Josefsson P.O. et al. Treatment of radius or ulna fractures in the elderly: A systematic review covering effectiveness, safety, economic aspects and current practice. *PloS One.* 2019;14(3):e0214362. doi: 10.1371/journal.pone.0214362.
58. Franovic S., Pietroski A.D., Druskovich K., Page B., Burdick G.B., Fathima B. et al. A Cost-Effectiveness Analysis of the Various Treatment Options for Distal Radius Fractures. *J Hand Surg Glob Online.* 2022;5(2):169-177. doi: 10.1016/j.jhsg.2022.11.007.
59. Lauder A., Agnew S., Bakri K., Allan C.H., Hanel D.P., Huang J.I. Functional Outcomes Following Bridge Plate Fixation for Distal Radius Fractures. *J Hand Surg.* 2015;40(8):1554-1562. doi: 10.1016/j.jhsa.2015.05.008.
60. Richard M.J., Katolik L.I., Hanel D.P., Wartinbee D.A., Ruch D.S. Distraction plating for the treatment of highly comminuted distal radius fractures in elderly patients. *J Hand Surg.* 2012;37(5):948-956. doi: 10.1016/j.jhsa.2012.02.034.
61. Falk S.S.I., Mittlmeier T., Gradl G. Results of geriatric distal radius fractures treated by intramedullary fixation. *Injury.* 2016;47 Suppl 7:S31-S35. doi: 10.1016/S0020-1383(16)30851-8.
62. Anger F., Legré R., Nguyen M.K. Results of wrist hemiarthroplasty for comminuted distal radius fractures in independent elderly people: A retrospective study on eleven patients. *Hand Surg Rehabil.* 2019;38(3):150-156. doi: 10.1016/j.hansur.2018.11.004.
63. Ozer K., Chung K.C. The use bone grafts and substitutes in the treatment of distal radius fractures. *Hand Clin.* 2012;28(2):217-223. doi: 10.1016/j.hcl.2012.02.004.
64. Hegde C., Shetty V., Wasnik S., Ahammed I., Shetty V. Use of bone graft substitute in the treatment for distal radius fractures in elderly. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2013;23(6):651-656. doi: 10.1007/s00590-012-1057-1.
65. Funayama T., Noguchi H., Kumagai H., Sato K., Yoshioka T., Yamazaki M. Unidirectional porous beta-tricalcium phosphate and hydroxyapatite artificial bone: a review of experimental evaluations and clinical applications. *J Artif Organs.* 2021;24(2):103-110. doi: 10.1007/s10047-021-01270-8.
66. Lutz K., Yeoh K.M., MacDermid J.C., Symonette C., Grewal R. Complications associated with operative versus nonsurgical treatment of distal radius fractures in patients aged 65 years and older. *J Hand Surg.* 2014;39(7):1280-1286. doi: 10.1016/j.jhsa.2014.04.018.
67. Chung K.C., Malay S., Shauver M.J., Kim H.M., WRIST Group. Assessment of Distal Radius Fracture Complications Among Adults 60 Years or Older: A Secondary Analysis of the WRIST Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open.* 2019;2(1):e187053. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2018.7053.

68. Thorninger R., Wæver D., Tjørnild M., Lind M., Rölfing J.D. VOLCON: a randomized controlled trial investigating complications and functional outcome of volar plating vs casting of unstable distal radius fractures in patients older than 65 years. *J Orthop Traumatol.* 2022;23(1):54. doi: 10.1186/s10195-022-00673-4.
69. Diaz-Garcia R.J., Oda T., Shauver M.J., Chung K.C. A Systematic Review of Outcomes and Complications of Treating Unstable Distal Radius Fractures in the Elderly. *J Hand Surg.* 2011;36(5):824-835.e2. doi: 10.1016/j.jhsa.2011.02.005.
70. Chen Y., Chen X., Li Z., Yan H., Zhou F., Gao W. Safety and Efficacy of Operative Versus Nonsurgical Management of Distal Radius Fractures in Elderly Patients: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Hand Surg.* 2016;41(3):404-413. doi: 10.1016/j.jhsa.2015.12.008.
71. Li Q., Ke C., Han S., Xu X., Cong Y.-X., Shang K. et al. Nonoperative treatment versus volar locking plate fixation for elderly patients with distal radial fracture: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg.* 2020;15(1):263. doi: 10.1186/s13018-020-01734-2.
72. Stephens A.R., Presson A.P., McFarland M.M., Zhang C., Sirmio K., Mulders M.A.M. et al. Volar Locked Plating Versus Closed Reduction and Casting for Acute, Displaced Distal Radial Fractures in the Elderly: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Bone Joint Surg Am.* 2020;102(14):1280-1288. doi: 10.2106/JBJS.19.01442.
73. Голубев И.О., Крупаткин А.И., Максимов А.А., Меркулов М.В., Бушуев О.М., Ширяева Г.Н. и др. Хирургическое лечение неправильно сросшихся переломов дистального метаэпифиза лучевой кости. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2013;20(3):51-58. doi: 10.17816/vto201320351-58.
Golubev I.O., Krupatkin A.I., Maksimov A.A., Merkulov M.V., Bushuev O.M., Shiryaeva G.N. et al. Surgical Treatment of Malunited Fractures of Radius Distal Metaepiphysis. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2013;20(3):51-58. (In Russian). doi: 10.17816/vto201320351-58.
74. Amorosa L.F., Vitale M.A., Brown S., Kaufmann R.A. A functional outcomes survey of elderly patients who sustained distal radius fractures. *Hand (N Y).* 2011;6(3):260-267. doi: 10.1007/s11552-011-9327-7.
75. Jaremko J.L., Lambert R.G.W., Rowe B.H., Johnson J.A., Majumdar S.R. Do radiographic indices of distal radius fracture reduction predict outcomes in older adults receiving conservative treatment? *Clin Radiol.* 2007;62(1):65-72. doi: 10.1016/j.crad.2006.08.013.
76. Nelson G.N., Stepan J.G., Osei D.A., Calfee R.P. The Impact of Patient Activity Level on Wrist Disability after Distal Radius Malunion in Older Adults. *J Orthop Trauma.* 2015;29(4):195-200. doi: 10.1097/BOT.0000000000000235.
77. Clement N.D., Duckworth A.D., Court-Brown C.M., McQueen M.M. Distal radial fractures in the superelderly: does malunion affect functional outcome? *ISRN Orthop.* 2014;2014:189803. doi: 10.1155/2014/189803.
78. Fujii K., Henmi T., Kanematsu Y., Mishihiro T., Sakai T., Terai T. Fractures of the distal end of radius in elderly patients: a comparative study of anatomical and functional results. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2002;10(1):9-15. doi: 10.1177/230949900201000103.
79. Hung L.P., Leung Y.F., Ip W.Y., Lee Y.L. Is locking plate fixation a better option than casting for distal radius fracture in elderly people? *Hong Kong Med J.* 2015;21:407-410. doi: 10.12809/hkmj144440.
80. Saving J., Severin Wahlgren S., Olsson K., Enocson A., Ponzer S., Sköldenberg O. et al. Nonoperative Treatment Compared with Volar Locking Plate Fixation for Dorsally Displaced Distal Radial Fractures in the Elderly: A Randomized Controlled Trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2019;101(11):961-969. doi: 10.2106/JBJS.18.00768.
81. Sirmio K., Leppilahti J., Ohtonen P., Flinkkilä T. Early palmar plate fixation of distal radius fractures may benefit patients aged 50 years or older: a randomized trial comparing 2 different treatment protocols. *Acta Orthop.* 2019;90(2):123-128. doi: 10.1080/17453674.2018.1561614.
82. Arora R., Lutz M., Deml C., Krappinger D., Haug L., Gabl M. A prospective randomized trial comparing nonoperative treatment with volar locking plate fixation for displaced and unstable distal radial fractures in patients sixty-five years of age and older. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(23):2146-2153. doi: 10.2106/JBJS.J.01597.
83. Arora R., Gabl M., Gschwentner M., Deml C., Krappinger D., Lutz M. A comparative study of clinical and radiologic outcomes of unstable colles type distal radius fractures in patients older than 70 years: nonoperative treatment versus volar locking plating. *J Orthop Trauma.* 2009;23(4):237-242. doi: 10.1097/BOT.0b013e31819b24e9.
84. Bartl C., Stengel D., Bruckner T., Gebhard F., ORCHID Study Group. The treatment of displaced intra-articular distal radius fractures in elderly patients. *Dtsch Arzteblatt Int.* 2014;111(46):779-787. doi: 10.3238/arztebl.2014.0779.
85. Chung K.C., Kim H.M., Malay S., Shauver M.J., Wrist and Radius Injury Surgical Trial Group. The Wrist and Radius Injury Surgical Trial: 12-Month Outcomes from a Multicenter International Randomized Clinical Trial. *Plast Reconstr Surg.* 2020;145(6):1054e-1066e. doi: 10.1097/PRS.00000000000006829.
86. Hassellund S.S., Williksen J.H., Laane M.M., Pripp A., Rosales C.P., Karlsen Ø. et al. Cast immobilization is non-inferior to volar locking plates in relation to QuickDASH after one year in patients aged 65 years and older: a randomized controlled trial of displaced distal radius fractures. *Bone Jt J.* 2021;103-B(2):247-255. doi: 10.1302/0301-620X.103B2.BJJ-2020-0192.R2.
87. Lawson A., Naylor J., Buchbinder R., Ivers R., Balogh Z., Smith P. et al. A Combined Randomised and Observational Study of Surgery for Fractures In the distal Radius in the Elderly (CROSSFIRE): a statistical analyses plan. *Trials.* 2020;21(1):651. doi: 10.1186/s13063-020-4228-0.
88. Shaikh S.A., Tahir M., Ahmed N., Maniglio M. Conservative management versus volar plating for dorsally displaced distal radius fractures in the elderly: A randomized control trial. *Pak J Med Sci.* 2023;39(3):891-897. doi: 10.12669/pjms.39.3.6522.
89. Tahir M., Khan Zimri F., Ahmed N., Rakhio Jamali A., Mehboob G., Watson K.R. et al. Plaster immobilization versus anterior plating for dorsally displaced distal radial fractures in elderly patients in Pakistan. *J Hand Surg Eur Vol.* 2021;46(6):647-653. doi: 10.1177/1753193420977780.
90. Testa G., Vescio A., Di Masi P., Bruno G., Sessa G., Pavone V. Comparison between Surgical and Conservative Treatment for Distal Radius Fractures in Patients over 65 Years. *J Funct Morphol Kinesiol.* 2019;4(2):26. doi: 10.3390/jfmk4020026.

91. Walenkamp M.M., de Muinck Keizer R.J., Goslings J.C., Vos L.M., Rosenwasser M.P., Schep N.W. The Minimum Clinically Important Difference of the Patient-rated Wrist Evaluation Score for Patients With Distal Radius Fractures. *Clin Orthop*. 2015;473(10):3235-3241. doi: 10.1007/s11999-015-4376-9.
92. Malay S., SUN Study Group, Chung K.C. The minimal clinically important difference after simple decompression for ulnar neuropathy at the elbow. *J Hand Surg Am*. 2013;38(4):652-659. doi: 10.1016/j.jhssa.2013.01.022.
93. Franchignoni F., Vercelli S., Giordano A., Sartorio F., Bravini E., Ferriero G. Minimal clinically important difference of the disabilities of the arm, shoulder and hand outcome measure (DASH) and its shortened version (QuickDASH). *J Orthop Sports Phys Ther*. 2014;44(1):30-39. doi: 10.2519/jospt.2014.4893.
94. Gutiérrez-Espinoza H., Araya-Quintanilla F., Olguín-Huerta C., Gutiérrez-Monclus R., Valenzuela-Fuenzalida J., Román-Veas J. et al. Effectiveness of surgical versus conservative treatment of distal radius fractures in elderly patients: A systematic review and meta-analysis. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2022;108(5):103323. doi: 10.1016/j.otsr.2022.103323.

Сведения об авторах

✉ Латыпов Нияз Альбертович
Адрес: Россия, 127299, г. Москва, ул. Приорова, д. 10
<https://orcid.org/0000-0001-6309-7119>
e-mail: niyaz.a.latypov@gmail.com
Голубев Игорь Олегович — д-р мед. наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0002-1291-5094>
e-mail: Iog305@mail.ru

Authors' information

✉ Niyaz A. Latypov
Address: 10, Priorova st., Moscow, 127299, Russia
<https://orcid.org/0000-0001-6309-7119>
e-mail: niyaz.a.latypov@gmail.com
Igor O. Golubev — Dr. Sci. (Med.), Professor
<https://orcid.org/0000-0002-1291-5094>
e-mail: Iog305@mail.ru



Этимология термина «неврома Мортон»: обзор литературы

Д.А. Большакова^{1,2}, А.А. Карданов¹, М.Н. Майсигов¹, А.В. Королев^{1,2}

¹ Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), г. Москва, Россия

² ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», г. Москва, Россия

Реферат

Актуальность проблемы объясняется высоким уровнем заболеваемости и необходимостью верификации диагноза у смежных специалистов: врачей ультразвуковой диагностики, рентгенологов, травматологов, патологоанатомов, а также существенными трудностями в маршрутизации пациентов и высокой вероятностью первичного обращения к неврологам, нейрохирургам, врачам общей практики. В современной отечественной литературе невромы всех межпальцевых промежутков отождествляют с невромой Мортон.


Цель — определение корректности современной медицинской терминологии, в частности термина «неврома Мортон», выявление спектра эпонимов, неприемлемых для коммуникации со смежными специалистами и пациентами, восполнение исторического пробела и привлечение научной медицинской общественности к дискуссии на данную тему.

Материал и методы. Для обзора литературы по данной тематике было отобрано 40 статей, опубликованных в период с 1845 по 2022 г. Информационный поиск выполняли в базах PubMed/MEDLINE и eLIBRARY.

Результаты. На основании анализа литературных источников освещены вопросы эволюции, истории и этимологии ряда терминов, используемых для обозначения невромы межплюсневового промежутка. Выявлено, что ряд эпонимов, применяемых для обозначения невром, исторически неточны. Сообщения о «фиброзе нерва» встречались до внедрения термина «неврома», однако большинство авторов популяризировали именно термин «невромы Мортон».

Заключение. Очевидное противоречие между этиопатогенезом и названием «неврома» может вносить путаницу в работу врачей-клиницистов и диагностов. По нашему мнению, заболевание, именуемое в наши дни «неврома Мортон», должно носить название «фиброз третьего подошвенного пальцевого нерва», а именные термины, обозначающие номер соответствующего межпальцевого промежутка, необходимо заменить на номер соответствующего общего пальцевого нерва.

Ключевые слова: неврома Мортон, межпальцевая неврома, подошвенный пальцевой нерв.

 **Для цитирования:** Большакова Д.А., Карданов А.А., Майсигов М.Н., Королев А.В. Этимология термина «неврома Мортон»: обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2024;30(1):142-149. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15528>.

 **Большакова Дарья Артуровна;** e-mail: dasha.bolsh@gmail.com

Рукопись получена: 16.08.2023. Рукопись одобрена: 30.11.2023. Статья опубликована: 18.03.2024.

© Большакова Д.А., Карданов А.А., Майсигов М.Н., Королев А.В., 2024



“Morton’s Neuroma” – Term Etymology: A Review

Daria A. Bolshakova^{1,2}, Andrey A. Kardanov¹, Musa N. Maysigov¹, Andrey V. Korolev^{1,2}

¹ *European Clinic of Sports Traumatology and Orthopedics (ECSTO), Moscow, Russia*

² *Peoples’ Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia*

Abstract

Background. The urgency of the problem is explained by a high morbidity rate and the need to verify the diagnosis with related specialists (ultrasound physicians, radiologists, trauma surgeons, pathologists), as well as by significant difficulties in patient routing and high probability of primary referral to neurologists, neurosurgeons, and general practitioners. In modern Russian literature, neuromas of all interdigital spaces are identified with Morton’s neuroma.

Aim of the review was to determine the accuracy of modern medical terminology, in particular of the term «Morton’s neuroma», to reveal the spectrum of eponyms unacceptable for communication with related specialists and patients, to fill the historical gap and to attract the scientific medical community to discussion on this topic.

Methods. We identified 40 articles on this topic published from 1845 to 2022. The search was performed in PubMed/MEDLINE and eLIBRARY databases.

Results. Evolution, history, and etymology of several terms used for intermetatarsal neuroma are covered in the study, based on the analysis of literature sources. It has been found that a number of eponyms used to designate neuromas are historically inaccurate. In addition, we have discovered that the reports of «nerve fibrosis» were encountered prior to the introduction of the term «neuroma». However, most authors have popularized the nominal term «Morton’s neuromas».

Conclusions. An obvious contradiction between the etiopathogenesis of neuroma and the term itself can be confusing for clinicians and diagnosticians. In our opinion, the disease known nowadays as «Morton’s neuroma» should be named «fibrosis of the plantar nerve of the third toe», and the name terms denoting the number of the corresponding interdigital space should be replaced by the number of the corresponding common plantar digital nerve.

Keywords: Morton’s neuroma, interdigital neuroma, plantar digital nerve.

Cite as: Bolshakova D.A., Kardanov A.A., Maysigov M.N., Korolev A.V. “Morton’s Neuroma” – Term Etymology: A Review. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2024;30(1):142-149. (In Russian).
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-15528>.

✉ Daria A. Bolshakova; e-mail: dasha.bolsh@gmail.com

Submitted: 16.08.2023. Accepted: 30.11.2023. Published: 18.03.2024.

© Bolshakova D.A., Kardanov A.A., Maysigov M.N., Korolev A.V., 2024

ВВЕДЕНИЕ

Неврома Мортона — один из самых ярких примеров номенклатурной проблемы в хирургии стопы и голеностопного сустава. На ранних этапах изучения заболевания медицинская номенклатура преимущественно включала в себя имя автора, не отражая при этом этиологию и патогенез. Подобная терминология неразрывно связана с современной медициной и интегрирована в процесс принятия текущих клинических решений.

В современной отечественной и зарубежной литературе можно встретить ряд синонимов, обозначающих поражение подошвенного нерва в третьем межпальцевом промежутке: неврома Чивинини, синдром Чивинини–Мортона, метатарзалгия Мортона, болезнь Мортона, межпальцевая неврома, межплюсневая неврома, неврома и невринома Мортона [1, 2, 3, 4, 5]. Последнее в глазах пациента, а зачастую и клиницистов, является двумя разными заболеваниями. Также используют ряд эпонимов, обозначающих невромы других подошвенных нервов: медиального подошвенного нерва — неврома Джоплина (Joplin), первого межплюсневого промежутка — неврома Хойтера (Heuter), второго межплюсневого промежутка — неврома Хаузера (Hauser), четвертого межплюсневого промежутка — неврома Изелина (Iselin) [5, 6] (рис. 1).

Начиная с первой половины XIX в. изучение болезненных состояний, связанных с передним отделом стопы, стало выходить на новый уровень и описываться в научных журналах. Однако дальнейшие исследования использовали номенклатуру, принятую еще в начале XX в., что послужило основой для формирования стойких стереотипов терминологии.

Цель обзора — определить корректность современной медицинской терминологии; выявить спектр эпонимов, неприемлемых для коммуникации со смежными специалистами и пациентами; восполнить исторический пробел и привлечь научную общественность к дискуссии на данную тему.



Рис. 1. Схема иннервации стопы и эпонимы невром подошвенных пальцевых нервов:

- 1 — медиальный подошвенный пальцевый нерв (неврома Джоплина);
- 2 — первый общий подошвенный пальцевый нерв (неврома Хойтера);
- 3 — второй общий подошвенный пальцевый нерв (неврома Хаузера);
- 4 — третий общий подошвенный пальцевый нерв (неврома Мортона или неврома Чивинини);
- 5 — общий подошвенный пальцевый нерв (неврома Изелина)

Fig. 1. Innervation and eponyms of neuromas of plantar digital nerves:

- 1 — medial plantar digital nerve (Joplin's neuroma);
- 2 — first common plantar digital nerve (Heuter's neuroma);
- 3 — second common plantar digital nerve (Hauser's neuroma);
- 4 — third common plantar digital nerve (Morton's neuroma or Civinini's neuroma);
- 5 — common plantar digital nerve (Iselin's neuroma)

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для обзора литературы было отобрано 40 статей, опубликованных в период с 1845 по 2022 г. Информационный поиск выполняли в базах PubMed/MEDLINE и eLIBRARY.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Наиболее часто встречается неврома в третьем межпальцевом промежутке [7]. Впервые утолщение третьего подошвенного межпальцевого нерва было обнаружено итальянским анатомом Ф. Чивинини (F. Civinini) при исследовании кадаверного материала [цит. по 1]. В работе “Su di un gangliare rigonfiamento della piñata del piede”, датированной сентябрем 1835 г. и обнаруженной только в 1983 г. при реконструкции больничной библиотеки, Ф. Чивинини описывает веретенообразную припухлость третьего подошвенного пальцевого нерва [8, 9].

Спустя десять лет после сообщения Ф. Чивинини, в 1845 г., хиропрактик королевы Виктории Л. Дюрлахер (L. Durlacher) опубликовал свои тезисы о лечении этого заболевания [10] (рис. 2).

В 1876 г. американский хирург-ортопед Томас Мортон (Thomas G. Morton), чье имя носит данное заболевание, опубликовал серию наблюдений из 16 пациентов. Он описал то, что, по его мнению, было невралгией в проекции четвертого плюснефалангового сустава, которую он лечил путем резекции этого сустава и прилегающих мягких тканей, включая общий подошвенный пальцевый нерв (рис. 3) [цит. по 11]. Вместе с тем следует подчеркнуть, что Мортону было уместно считать эту увеличенную часть нерва невралгией. Гистологическое исследование резецированного нерва получило широкое распространение только во второй половине XX в. [2].

Сам термин «неврома» в качестве диагноза впервые употребил R.K. Sandel в 1958 г. в статье для американского подиатрического журнала [12].

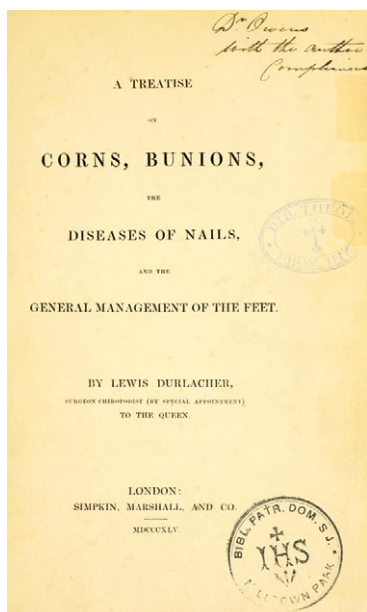


Рис. 2. Оригинальная работа L. Durlacher “A Concise Treatise on Corns, Bunions, and the Disorders of Nails. With Advice for the General Management of Feet”

Fig. 2. Original article of L. Durlacher “A Concise Treatise on Corns, Bunions, and the Disorders of Nails. With Advice for the General Management of Feet”

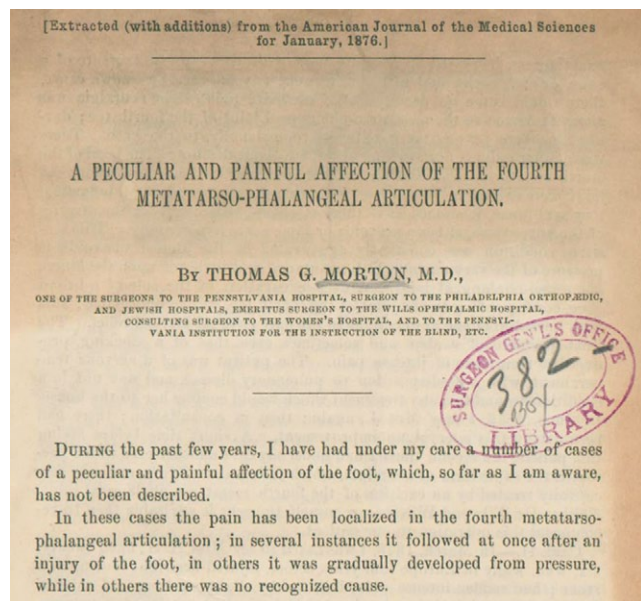


Рис. 3. Оригинальная статья Томаса Мортон “A Peculiar and Painful Affection of the Fourth Metatarso-Phalangeal Articulation” из журнала “The American Journal of the Medical Sciences”

Fig. 3. Original article of Thomas Morton “A Peculiar and Painful Affection of the Fourth Metatarso-Phalangeal Articulation” from “The American Journal of the Medical Sciences”

По нашему мнению, ярким примером номенклатурного заблуждения служит тот факт, что фамилию Мортон носит и другая патология стопы — брахиметатарзия первой плюсневой кости, также известная как стопа Мортон, синдром Мортон, палец Мортон [13, 14, 15]. Своим названием она обязана однофамильцу вышеупомянутого Томаса Мортон — Дадли Джо Мортону (D.J. Morton), который в 1927 г. описал симптомокомплекс, приводящий к вальгусному отклонению первого пальца. Однако в ранних статьях, посвященных невrome Мортон, термины «палец Мортон» и «стопа Мортон» встречаются относительно часто как тождественное невrome понятие [13, 16, 17]. Стопа Мортон характеризуется врожденной короткой и гипертрофированной первой плюсневой костью, гипермобильностью медиального плюснеклиновидного сустава, гиперкератозами под головками второй и третьей плюсневых костей и не имеет абсолютно никакого отношения к одноименной невrome [18].

Неврому медиального подошвенного пальцевого нерва в отечественной и зарубежной литературе принято называть невромой Джоплина [19, 20]. Роберт Дж. Джоплин (R.J. Jorlin) в 1971 г. на первом ежегодном собрании Американского общества хирургов стопы в Чикаго описал серию из 265 случаев поражения медиального подошвенного нерва. Хроническое повреждение медиального подошвенного пальцевого нерва, по мнению автора, вызвано избыточным давлением, инициированным вальгусной деформацией или хирургическим вмешательством, проведенным для исправления деформации. Увеличенную длину медиального подошвенного пальцевого нерва по отношению к медиальной сесамовидной кости Р.Дж. Джоплин лечил путем резекции медиального подошвенного пальцевого нерва и последующей фиксации к *m. abductor hallucis brevis* [19, 20]. Гистологический анализ продемонстрировал «утолщенные фиброзные стенки», окружающие нерв. Диагноз Р.Дж. Джоплин формулировал как «периневральный фиброз соответствующего пальцевого нерва» [цит. по 6].

Неврома первого межпальцевого промежутка в литературе носит название Хойтера [5]. Немецкий ортопед К. Хойтер (K. Heuter) в 1870 г. описал болезненный экзостоз головки первой плюсневой кости, назвав эту патологию *hallux valgus* [цит. по 21]. Для данного заболевания характерны выраженные болевые ощущения по медиальной и латеральной сторонам первого плюснефалангового сустава. Возможно, поэтому этот эпоним был дан боли, связанной с общим подошвенным пальцевым нервом первого межпальцевого промежутка, прилегающего к латеральной сесамовидной кости [6].

Неврома второго межплюсневого промежутка названа по фамилии Е.Д. Хаузера (E.D. Hauser) — ортопеда из США, который в 1971 г. описал серию пациентов с межпальцевой невромой. Он описал 116 патологических изменений нерва у 96 женщин и у 4 мужчин. Около 60% пациентов были в возрасте от 40 до 60 лет. В исследовании Е.Д. Хаузера неврома наблюдалась во втором межпальцевом промежутке у 52% пациентов, в третьем — у 44% пациентов, в четвертом — у 4% [6, 22].

Неврома четвертого межплюсневого промежутка получила свое название в честь Изелина (Iselin), ортопеда, описавшего в 1912 г. тракционный апофизит основания пятой плюсневой кости у подростков в момент появления вторичного очага окостенения основания пятой плюсневой кости (рис. 4). Для данного заболевания характерна боль в области внешнего края средней части стопы, которая усиливается при повышенной физической нагрузке (бег, прыжки, танцы) [цит. по 23]. По мнению Э.Э. Ларсон (E.E. Larson) с соавторами, в дальнейшем имя хирурга стало ассоциироваться с невропатической болью в четвертом межпальцевом промежутке, что и привело к появлению термина «неврома Изелина» [6].



Рис. 4. Пример невромы Изелина (двухсторонний тракционный апофизит основания пятой плюсневой кости) у профессиональной гимнастки 11 лет

Fig. 4. An example of Iselin neuroma (bilateral traction apophysitis of the base of the fifth metatarsal bone) in 11 years old professional female gymnast

ОБСУЖДЕНИЕ

Эволюция термина «неврома Мортон» тесно переплетена с историей хирургического лечения. Сам Т. Мортон использовал термин «невралгия», а название и содержание его работы “A Peculiar and A Painful Affection of the Fourth Metatarso-Phalangeal Joint” можно перевести как «Специфическое и болезненное поражение четвертого плюснефалангового сустава». Т. Мортон, считавший патогенезом заболевания костную патологию, успешно лечил пациентов иссечением четвертого плюснефалангового сустава [11].

В 1897 г. сэр Р. Джонс (R. Jones) также использовал термин «подошвенная невралгия», при этом описав три ее степени, где третья, или тяжелая, включает случаи, когда симптомы проявляются идиопатически или после травмы, носят стойкий характер и в итоге инвалидизируют пациента. Р. Джонс выдвинул теорию прямого давления на подошвенные пальцевые нервы между подошвой и поперечными плюсневыми связками. В качестве метода лечения он рассматривал удаление головки плюсневой кости или плюснефалангового сустава, ампутацию пальца стопы [24]. А. Ходли (A.E. Hoadley) в 1893 г. описал технику удаления невромы, включающую ревизию пораженного межпальцевого промежутка из подошвенного доступа и резекцию части нерва [25]. Впрочем, современники восприняли суставосберегающую операцию без энтузиазма. Т. Мортон в 1893 г. критикует подобный подход как «more difficult and less certain than that to be recommended, does not prevent recurrence should the nerves regenerate», что можно перевести как «более трудный и менее прогнозируемый способ может стать причиной рецидива при регенерации нерва» [26]. Почти через 15 лет А. Табби (A.H. Tubby), оперировавший пациента с прогрессирующей плюсневой невралгией третьей степени, обнаружил отек и утолщение нерва, однако также советовал воздержаться от резекции нерва, ограничившись удалением головки плюсневой кости из-за риска образования болезненной культи [27].

Смена парадигмы хирургического лечения пациентов с невромой Мортон началась в середине XX в. В 1940 г. Л. Беттс (L.O. Betts) публикует исследование, где критикует удаление головки четвертой плюсневой кости. Именно он обращает внимание на утолщение пальцевого нерва, называя его «невромой», а само заболевание «метатарзалгией Мортон» [28]. В дальнейшем эта мысль получила свое развитие в работе К.И. Ниссен (K.I. Nissen) с соавторами, где описывается опыт коллеги, который подвергся резекции пораженного участка нерва, о чем и сообщил в письме к автору. В резецированном участке нерва был обнаружен фиброз эпинеурия ветви внутреннего подошвенного нерва [29]. В дальнейшем работы Л.О. Беттса (L.O. Betts)

и К.И. Ниссена (K.I. Nissen) легли в основу теорий патогенеза невромы, которые в 2005 г. сформулировали доктора Х. Хасуна (H. Hassouna) и Д. Синх (D. Singh) [30].

В 1949 г. Э.Л. Мур (E.L. Moore) и Э.У. Мередит (E.W. Meredith) вновь употребляют термин «неврома», подразумевая новообразование четвертого межпальцевого нерва, а саму патологию они именуют как палец Мортонна [17].

Словосочетание «неврома Мортонна» в качестве названия заболевания впервые употребил доктор медицины из США Р.К. Сандел (R.K. Sandel) в 1958 г. в статье о невrome второго межпальцевого промежутка [12]. И по сей день зарубежные и отечественные коллеги предпочитают использовать название «неврома Мортонна» [4, 31, 32].

Однако в ряде публикаций, начиная с конца XX в., употребляется эпоним Чивинини в названии диагноза [1, 32, 33, 34, 35, 36]. При этом авторы ссылаются на оригинальную работу, обнаруженную при ремонте больничной библиотеки в 1983 г. [8]. Хотя в даже в Италии заслуга Ф. Чивинини, похоже, не получила адекватного отклика, по мнению Г. Пасеро (G. Pasero) и П. Марсон (P. Marson), фамилия Чивинини все же стала больше ассоциироваться с невромой Мортонна [9].

В этом контексте представляется весьма актуальным обзор публикаций, посвященный данной проблематике в отечественной литературе. Нам удалось найти ссылку современника на работу российского и советского хирурга А.Т. Богаевского, датированную 1895 г. [37]. Но, несмотря на упоминание в каталоге главной хирургической библиотеки армии США, оригинал работы был утерян*.

Наличие множества авторов, которые привнесли вклад в историю и популяризацию именного термина «неврома Мортонна», дает нам основание полагать, что ключ к гармоничной номенклатуре — это исследования, непосредственно направленные на гистологическую верификацию интраоперационного материала. Сообщение о фиброзе нерва в пораженном межпальцевом промежутке были до внедрения термина «неврома».

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Возможный конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

После резекции пораженного нерва при гистологическом исследовании обнаруживаются участки нервной ткани с дистрофическими изменениями в окружении грубоволокнистой соединительной ткани с ангиоматозом и прилежащей жировой клетчаткой [2].

Кроме того, этиопатогенез данного заболевания является ключом при выборе тактики лечения пациентов, которые столкнулись с межпальцевой невромой. В отсутствие неопластического процесса представляется весьма актуальным такой сравнительно малоинвазивный метод хирургического лечения, как рассечение межплюсневой связки. В своем исследовании Т. Бауэр (T. Bauer) с соавторами описывают лучшие ближайшие и отдаленные результаты данного метода по сравнению с открытой операцией [3].

Все вышеизложенное подчеркивает необходимость обстоятельного рассмотрения вопроса о разработке классификации межплюсневых нервом. Практически отсутствуют рекомендации по формулировке диагноза «неврома Мортонна». Имеются лишь две зарубежные работы, в которых предложена универсальная формулировка диагноза. Так, Д. Кей (D. Kay) и Г.Л. Беннетт (G.L. Bennett) в 2003 г. рекомендовали использовать название, предложенное С.Б. Вайнфельд (S.B. Weinfeld) и М.С. Майерсон (M.S. Myerson) в 1996 г. — «межпальцевой неврит» [38, 39]. Между тем Э.Э. Ларсон (E.E. Larson) с соавторами критикуют данное название, считая его несостоятельным с точки зрения патогенеза и предлагают универсальную формулировку «сдавление межпальцевого нерва» [6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заболевание, именуемое «неврома Мортонна», должно носить название «фиброз третьего подошвенного пальцевого нерва». А именные термины, в некоторых случаях не имеющие отношения к заболеванию, желательно заменить на номер соответствующего общего нерва. Например, в случае невромы Изелина — фиброз четвертого подошвенного пальцевого нерва и т.д.

DISCLAIMERS

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

* Index-catalogue of the Library of the Surgeon-General's Office, United States Army. Authors and subjects (Series 2, Volume 5) — National Library of Medicine. Available from: <http://resource.nlm.nih.gov/8104689X21>.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Colò G., Rava A., Samaila E.M., Palazzolo A., Talesa G., Schiraldi M. et al. The effectiveness of shoe modifications and orthotics in the conservative treatment of Civinini-Morton syndrome: state of art. *Acta Biomed.* 2020; 91(4-S):60-68. doi: 10.23750/abm.v91i4-S.9713.
- Meachim G., Abberton M.J. Histological findings in Morton's metatarsalgia. *J Pathol.* 1971;103(4):209-217. doi: 10.1002/path.1711030402.
- Bauer T., Gaumetou E., Klouche S., Hardy P., Maffulli N. Metatarsalgia and Morton's Disease: Comparison of Outcomes Between Open Procedure and Neurectomy Versus Percutaneous Metatarsal Osteotomies and Ligament Release With a Minimum of 2 Years of Follow-Up. *J Foot Ankle Surg.* 2015;54(3):373-377. doi: 10.1053/j.jfas.2014.08.009.
- Шайхутдинов И.И., Масгутов Р.Ф., Валеева Л.Р., Ягудин Р.Х. Неврома Мортона как причина болей в стопе — диагностика и тактика лечения. *Практическая медицина.* 2016;4-1(96):182-186. Shaikhutdinov I.I., Masgutov R.F., Valeeva L.R., Yagudin R.Kh. Morton's neuroma as a cause of pain in the foot, diagnostics and methods of treatment. *Practical medicine.* 2016;4-1(96):182-186. (In Russian).
- Салтыкова В.Г., Рамонова Д.Р., Макинян Л.Г., Зейналов В.Т., Шток А.В., Митьков В.В. Ультразвуковое исследование в дифференциальной диагностике образований метатарзального отдела стопы (неврома Мортона, липофиброма). *Ультразвуковая и функциональная диагностика.* 2021;(1):65-88. doi: 10.24835/1607-0771-2021-1-65-88. Saltykova V.G., Ramonova D.R., Makinyan L.G., Zeynalov V.T., Shtok A.V., Mitkov V.V. Ultrasound in foot lesion diagnosis (Morton's neuroma, lipofibroma). *Ultrasound and Functional Diagnostics.* doi: 10.24835/1607-0771-2021-1-65-88 (In Russian).
- Larson E.E., Barrett S.L., Battiston B., Maloney C.T. Jr., Dellon A.L. Accurate nomenclature for forefoot nerve entrapment: a historical perspective. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2005;95(3):298-306. doi: 10.7547/0950298.
- Munir U., Tafti D., Morgan S. Morton Neuroma. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470249/>.
- Civinnini F. Su d'un gangliare rigonfiamento della pianta del piede. *Men Chir Arcispedale di Pistoia.* Pistoia, Italia: Dalla tip. Bracali; 1835.
- Pasero G., Marson P. Filippo Civinini (1805-1844) and the discovery of plantar neuroma. *Reumatismo.* 2006;58(4):319-22. (In Italian). doi: 10.4081/reumatismo.2006.319.
- Durlacher L. A treatise on corns, bunions, the diseases of nails, and the general management of feet. London: Simpkin, Marshall and Co., MDCCCXLV; 1845. 196 p.
- The Classic. A peculiar and painful affection of the fourth metatarso-phalangeal articulation. Thomas G. Morton, M.D. *Clin Orthop Relat Res.* 1979;(142):4-9.
- Sandel R.K. Morton's neuroma of the second toe. *J Am Podiatry Assoc.* 1958;48(3):116-117.
- Bickel W.H., Dockerty M.B. Plantar neuromas, Morton's toe. *Surg Gynecol Obstet.* 1947;84(1):111-116.
- Mendeszoon M.J., Kaplan Y.L., Crockett R.S., Cunningham N. Congenital Bilateral First Brachymetatarsia: a Case Report and Review of Available Conservative and Surgical Treatment Options. *The Foot and Ankle Online Journal* [Internet]. 2009. Available from: <http://dx.doi.org/10.3827/faoj.2009.0209.0001>.
- Physiopedia. Morton's Toe. 2023. Available from: https://www.physio-pedia.com/Morton%27s_Toe.
- Fett H.C., Pool C.C. Plantar interdigital neuroma or Morton's toe. *Am J Surg.* 1949;78(4):522-525. doi: 10.1016/0002-9610(49)90218-4.
- Moore E.L., Meredith E.W. Morton's toe — A neuroma. *Am J Surg.* 1949;77(3):399-401. doi: 10.1016/0002-9610(49)90172-5.
- Morton D. Metatarsus atavicus: the identification of a distinctive type of foot disorder. *J Bone Joint Surg Am.* 1927;9:531-544.
- Joplin R.J. The proper digital nerve, vitallium stem arthroplasty, and some thoughts about foot surgery in general. *Clin Orthop Relat Res.* 1971;76:199-212. doi: 10.1097/00003086-197105000-00028.
- Melendez M.M., Patel A., Dellon A.L. The Diagnosis and Treatment of Joplin's Neuroma. *J Foot Ankle Surg.* 2016;55(2):320-323. doi: 10.1053/j.jfas.2014.09.045.
- Diab M. *Lexicon Orthopaedic Etymology.* CRC Press; 1999. 464 p.
- Hauser E.D. Interdigital neuroma of the foot. *Surg Gynecol Obstet.* 1971;133(2):265-267.
- Kishan T.V., Mekala A., Bonala N., Sri Pavani B. Iselin's disease: Traction apophysitis of the fifth metatarsal base, a rare cause of lateral foot pain. *Med J Armed Forces India.* 2016;72(3):299-301. doi: 10.1016/j.mjafi.2015.06.015.
- Jones R. Plantar Neuralgia: (metatarsalgia, Morton's Painful Affection of the Foot). 1897. 47 p.
- Hoadley A.E. Six cases of metatarsalgia. *Chicago Med Rec.* 1893;3:32-37.
- Morton T.S. VI. Metatarsalgia (Morton's Painful Affection of the Foot), with an Account of Six Cases Cured by Operation. *Ann Surg.* 1893;17(6):680-699.
- Tubby A.H. Deformities, Including Diseases of the Bones and Joints: Diseases of the bones and joints; Paralytic deformities. Vol. 2. Macmillan and Company, Limited; 1912.
- Betts L.O. Morton's metatarsalgia: neuritis of the fourth digital nerve. *Med J Australia.* 1940;1(15):514-515. doi: 10.5694/j.1326-5377.1940.tb46191.x.
- Nissen K.I. Plantar digital neuritis; Morton's metatarsalgia. *J Bone Joint Surg Br.* 1948;30B(1):84-94.
- Hassouna H., Singh D. Morton's metatarsalgia: pathogenesis, aetiology and current management. *Acta Orthop Belg.* 2005;71(6):646-655.
- Giarda F., Agostini A., Colonna S., Sciumè L., Meroni A., Beretta G. et al. Infiltrative Type I Collagen in the Treatment of Morton's Neuroma: A Mini-Series. *J Clin Med.* 2023;12(14):4640. doi: 10.3390/jcm12144640.
- Zhang J., Li J., Cai W., Zheng K., Huang X., Rong X. et al. Effect of surgical approach on the treatment of Morton's neuroma: a systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Res.* 2023;16(1):57. doi: 10.1186/s13047-023-00660-w.
- Kuhn H., Küster H.H., Esken M. Die intermetatarsale Neuropathie — Civinini-Durlacher, genannt Morton Metatarsalgie. *Sprunggelenk.* 2003;1(4):273-282. doi: 10.1007/s10302-003-0069-x.
- Marini A.G., Zecchini F. Metatarsalgia di Morton o di Civinini-Morton? *Chir Piede.* 1983;7:1-7.
- Samaila E., Colò G., Rava A., Negri S., Valentini R., Felli L. et al. Effectiveness of corticosteroid injections in Civinini-Morton's Syndrome: A systematic review. *Foot Ankle Surg.* 2021;27(4):357-365. doi: 10.1016/j.fas.2020.05.001.

36. Stecco C., Fantoni I., Macchi V., Del Borrello M., Porzionato A., Biz C. et al. The role of fasciae in Civinini–Morton’s syndrome. *J Anat.* 2015;227(5):654–664. doi: 10.1111/joa.12371.
37. Jones R., Tubby A.H. Metatarsalgia or Morton’s Disease. *Ann Surg.* 1898;28(3):297–328.
38. Kay D., Bennett G.L. Morton’s neuroma. *Foot Ankle Clin.* 2003;8(1):49–59. doi: 10.1016/s1083-7515(03)00004-4.
39. Weinfeld S.B., Myerson M.S. Interdigital Neuritis: Diagnosis and Treatment. *JAmAcadOrthopSurg.* 1996;4(6):328–335. doi: 10.5435/00124635-199611000-00005.

Сведения об авторах

✉ *Большакова Дарья Артуровна*
Адрес: Россия, 129110, г. Москва, Орловский пер., д. 7
<https://orcid.org/0009-0003-3332-9267>
e-mail: dasha.bolsh@gmail.com

Карданов Андрей Асланович — д-р мед. наук
<https://orcid.org/0000-0003-2866-2295>
e-mail: akardanov@emcmos.ru

Майсигов Муса Назирович — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-2096-5876>
e-mail: mmaysigov@emcmos.ru

Королев Андрей Вадимович — д-р мед. наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0002-8769-9963>
e-mail: korolev.andrey.prof@gmail.com

Authors’ information

✉ *Daria A. Bolshakova*
Address: 7, Orlovsky lane, Moscow, 129110, Russia
<https://orcid.org/0009-0003-3332-9267>
e-mail: dasha.bolsh@gmail.com

Andrey A. Kardanov — Dr. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0003-2866-2295>
e-mail: akardanov@emcmos.ru

Musa N. Maysigov — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0002-2096-5876>
e-mail: mmaysigov@emcmos.ru

Andrey V. Korolev — Dr. Sci. (Med.), Professor
<https://orcid.org/0000-0002-8769-9963>
e-mail: korolev.andrey.prof@gmail.com

Комментарий
УДК [616.718.16+616.718.19]-089
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17469>



Комментарий к статье Н.Н. Заднепровского с соавторами «Предложения по введению некоторых новых терминов в хирургию таза и вертлужной впадины»

И.В. Кажанов

¹ ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны России,
г. Санкт-Петербург, Россия

² ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе»,
г. Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Медицинская терминология является предметом постоянного систематического регулирования. Авторами комментируемой статьи предпринята попытка разработать названия для некоторых частей костей таза и его областей, которые до настоящего времени не имеют своих обозначений, и вынести предложенные термины на профессиональное обсуждение. Внедрение новых анатомических терминов для обозначения частей и структуры костей таза и их повреждений в систематизированный перечень клинической классификации будет содействовать формированию единообразия лечебно-диагностических подходов, способствовать обобщению и обмену опытом между практикующими специалистами в области хирургии повреждений тазового кольца и переломов вертлужной впадины.

Ключевые слова: анатомическая терминология, хирургия таза, крестцово-подвздошное сочленение, лонное сочленение, калькар.

Comment
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17469>



Comment on the Article by N.N. Zadneprovskiy et al. “Suggestions for the Introduction of Some New Terms in Surgery of Pelvic and Acetabulum Fractures”

Igor V. Kazhanov


¹ Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

² Dzhanelidze St. Petersburg Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia


Abstract

Medical terminology is the subject of constant systematic regulation. The author's team of the scientific article has determined the actual purpose of the study — to develop names for some parts of the pelvic bones and its areas that still do not have their own designations, and to propose the developed terms for professional discussion. Introduction of new anatomical terms for the designation of parts and structures of pelvic bones and their injuries in a systematic list of clinical classification will contribute to the formation of uniformity of therapeutic and diagnostic approaches, promote generalization and exchange of experience between practitioners in the field of surgery of pelvic ring injuries and acetabulum fractures, and have a significant scientific and educational character among the medical community.

Key words: anatomical terminology, pelvic surgery, sacroiliac joint, pubic joint, calcar.

 **Для цитирования:** Кажанов И.В. Комментарий к статье Н.Н. Заднепровского с соавторами «Предложения по введению некоторых новых терминов в хирургию таза и вертлужной впадины». *Травматология и ортопедия России*. 2024;30(1):150-153. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17469>.

Cite as: Kazhanov I.V. Comment on the Article by N.N. Zadneprovskiy et al. “Suggestions for the Introduction of Some New Terms in Surgery of Pelvic and Acetabulum Fractures”. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2024;30(1):150-153. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17469>.

 Кажанов Игорь Владимирович / Igor V. Kazhanov; e-mail: carta400@rambler.ru

Получен: 15.02.2024. Опубликовано: 18.03.2024. Submitted: 15.02.2024. Published: 18.03.2024.

© Кажанов И.В. / Kazhanov I.V., 2024

Как известно, медицинская терминология является предметом постоянного систематического регулирования. На протяжении нескольких столетий продолжалась непрерывная работа по упорядочению, унификации и стандартизации медицинской терминологии, которая находится в постоянном развитии. Многие давно известные и новые термины наполняют совершенно новым научным содержанием.

Статья Н.Н. Заднепровского с соавторами посвящена разработке новых медицинских терминов в области диагностики и лечения различных переломов вертлужной впадины и повреждений тазового кольца. В частности, авторы предлагают новые медицинские термины для обозначения частей и структуры костей, формирующих тазовые кости и их повреждений: основание лобковой кости, переломы основания лобковой кости в зависимости от линии излома (продольные и вертикальные поперечные), полный и неполный разрыв лобкового симфиза (классификация в зависимости от присутствия и направления линии перелома основания лобковой кости), калькар подвздошной кости, калькарный шип, костный коридор.

Авторы также предлагают новую клиническую классификацию повреждений основания подвздошной кости при частичном повреждении крестцово-подвздошного сочленения (КПС) в зависимости от направления перелома основания подвздошной кости, а именно: продольный перелом, переломоподвывих и переломовывих основания подвздошной кости.

Как известно, в тазе человека имеются все виды соединений костей, отражающие последовательные стадии развития скелета: синартрозы (непрерывные соединения) в форме синдесмозов (связки), синхондрозов (между отдельными частями тазовой кости посредством хрящевой ткани) и синостозов (после слияния их в тазовую кость посредством костной ткани), полусустав, или гемартроз (лонное сращение — симфиз) и прерывное соединение, или диартроз (крестцово-подвздошное сочленение) [1].

Крестцово-подвздошное сочленение — соединение обеих тазовых костей с крестцом (образовано соприкасающимися между собой ушковидными суставными поверхностями), сочетающее в себе одновременно подвижность с прочностью, приобретает форму истинного сустава — диартроза, прочно укрепленного связками (синдесмоз). К связочному аппарату КПС в первую очередь относят межкостные крестцово-подвздошные связки, которые представлены короткими и мощными волокнами между бугристостью подвздошной кости и крестцом. Это самые прочные связки в теле человека, которые выполняют роль «подъемного троса» (подобно растяжкам в конструкции подвешенного моста), при этом сам крестец и есть собствен-

но «мост». Крестец по отношению к подвздошным костями подобен заклинивающему камню дуги свода, а их общую функциональную связь с учетом связочного аппарата объединяют в задний крестцово-подвздошный комплекс (названный М. Тайлем «искусной биомеханической структурой») [2, 3]. Дополнительно сустав укрепляют связки, закрепленные между крестцом и подвздошной костью: спереди — вентральная, сзади — дорсальная крестцово-подвздошная и подвздошно-поясничная связка, идущая от поперечного отростка L5 позвонка к гребню подвздошной кости. При этом можно определить следующие морфофункциональные характеристики этого сочленения: тип тугой (амфиартроз), простой, плоский, многоосный, но движения в нем минимальны из-за большой конгруэнтности суставных поверхностей, прочной капсулы и мощных связок, в том числе и крестцово-остистых и крестцово-бугорковых связок, противодействующих рычаговому опрокидыванию оси крестцовой кости, т.е. механизм движения в крестцово-подвздошном суставе очень сложный и переменный. Суставные поверхности: ушковидные поверхности подвздошных костей и крестца — плоские, покрыты двумя различными видами хряща; крестцовая поверхность имеет гиалиновый хрящ, а подвздошная поверхность — фиброзно-хрящевую ткань. Также считают, что КПС имеет сложное строение: частично это синовиальный сустав (диартроз — передние 30–50% сочленения), а частично — неподвижный хрящевой синхондроз [1]. Из биомеханики таза известно, что при вертикальной нагрузке на позвоночник крестец вследствие своей анатомической конфигурации имеет тенденцию к вентральному смещению и относительно него обе подвздошные кости могут смещаться дорсально. Решающим для статики и стабильности тазового кольца является целостность дорсального сегмента тазового кольца, обозначаемого, как уже было сказано выше, задним крестцово-подвздошным комплексом. Вертикальная сила по оси скелета действует в направлении смещения крестца кпереди, чему противодействуют только задние крестцово-подвздошные структуры и пояснично-крестцовая грань сочленения.

При повреждении тазового кольца по типу боковой компрессии достаточно часто происходит вертикальный перелом задних отделов подвздошной кости с вовлечением ушковидной (суставной) поверхности КПС, а сама линия излома распространяется на гребень этой кости, при этом возможен одновременный разрыв передней крестцово-подвздошной связки и/или трансаларный перелом с вовлечением боковой массы крестца. Следует отметить, что в последнее повреждение вовлекается нижняя часть связок заднего крестцово-подвздош-

ного комплекса. Сформированный небольшой костный фрагмент остается плотно связанным в точках крепления верхней порции задних крестцово-подвздошных связок. Возникает повреждение тазового кольца с внутренней ротационной нестабильностью, но стабильное к наружным ротирующим и срезающим силам. В зарубежной литературе такие переломы называются “crescent injury” или серповидный перелом. Чем меньше фрагмент серповидного перелома, тем больше площадь суставной поверхности КПС, которая остается на переднем отломке подвздошной кости. Согласно классификации A. Day такие повреждения подразделяются на три типа в зависимости от проникновения линии перелома в КПС и величины свободного костного фрагмента заднего отдела крыла подвздошной кости [4]. В итоге данное повреждение заднего крестцово-подвздошного комплекса включает в себя не только перелом заднего отдела подвздошной кости (или, как предлагают авторы статьи, основания подвздошной кости), но и повреждение связочного аппарата КПС. Поэтому такие повреждения согласно общепринятой классификации АО/ОТА относятся к переломам типа 61 B2.2. или к типу LC-II по классификации Young — Burgess, а при окончательной формулировке клинического диагноза и описании повреждений тазового кольца именуется частичный вывих, или переломовывих в КПС, или неполный перелом заднего отдела подвздошной кости, вовлекающий КПС с подвывихом или вывихом в нем, т.е. с обязательным обозначением самого сочленения, капсула, наружные и внутренние связочные структуры которого вовлечены в повреждение [3, 5]. Крестцово-подвздошный вывих — нарушение соединения между крыльями крестца и подвздошной кости. Существует несколько общепринятых названий данной патологии, а именно: крестцово-подвздошный перелом, крестцово-подвздошный вывих, крестцово-подвздошный переломовывих и сходные с ними. Все эти термины используются как синонимы.

Лонное сочленение — несиновиальное полуподвижное соединение (полусустав). Ширина симфиза в передних отделах на 3–5 мм превышает его ширину по задней поверхности. Сочленение представлено волокнисто-хрящевым диском, в толще которого часто имеется щелевидная аваскулярная жидкостная полость. Сочленяющиеся поверхности лобковых костей покрыты тонким слоем гиалинового хряща. Целостность симфиза играет существенную роль кинематического узла, определяющего стабильность всего тазового кольца. В свою очередь, передний отдел таза чаще всего подвержен воздействию травм, а разрывы лонного сочленения, в связи с небольшой прочностью, могут возникать практически при любом механизме повреждения тазового кольца.

В настоящее время известны рабочие клинические классификации, которые разработаны на основе как экспериментальных, так и клинических данных. В основном классификации разрывов лонного сочленения состоят из трех степеней нестабильности тазового кольца при различных величинах диастаза между ветвями лонных костей, что позволяет специалисту определить показания к различным способам оперативного лечения в зависимости от степени расхождения симфиза. Еще профессор М.А. Хелимский с соавторами в 1970 г., изучая механические свойства тазового кольца, отметили, что наиболее частой локализацией повреждений таза является лонное сочленение, причем внутренние волокна при сжатии таза в сагиттальной плоскости разрываются в 100% случаев [6]. Считается, что разрывы лонного сочленения более 2,5 см при повреждениях тазового кольца с наружной ротационной нестабильностью уже свидетельствуют о высокоэнергетическом воздействии и сопровождаются разрывом вентральных связок крестцово-подвздошного комплекса, крестцово-остистых и крестцово-бугорных связок. Термин «неполный разрыв лонного сочленения» вполне уместный, под ним подразумевается явное отсутствие разъединения лонных костей в сочленении, т.к. формирующие его структуры остаются целыми и обеспечивают сохранение условной конгруэнтности оснований лобковых костей в симфизе.

Действительно, с точки зрения биомеханики таза ось нагрузки в положении человека стоя переходит с позвоночного столба на нижние конечности дорсально через крестцовую кость, КПС, а также дорсальный отдел подвздошной кости (через участок плотной губчатой кости, формирующий купол или арку большой седалищной вырезки) на крышу вертлужной впадины. Данный участок задненижнего отдела подвздошной кости с самым плотным губчатым веществом по типу контрфорса (в архитектуре обозначает дополнительную опору, принимающую на себя тяжесть перекрытия) обозначен в зарубежной литературе как sciatic buttress (седалищная опора). Так как в отечественной литературе нет русскоязычного эквивалента этому термину, то вполне возможно использовать равнозначный по смыслу термин «калькар». Но «калькар» — это прописанная транскрипция на русском языке латинского слова “calcar”, обозначающая в переводе шпору всадника. Фактически данный термин относится к многозначным словам и употребляется авторами в условном значении, что свидетельствует о целесообразности его использования в кавычках.

В настоящее время при коммуникации между специалистами разных медицинских направлений принято употреблять единую анатомическую номенклатуру (официальный международный стан-

дарт правильного написания терминов). В России в 2003 г. принята Международная анатомическая терминология с официальным списком русских эквивалентов, созданная с участием Российской анатомической номенклатурной комиссии (РАНК) Минздрава РФ и Всероссийского научного медицинского общества анатомов, гистологов и эмбриологов России (НМОАГЭ), изданная под редакцией чл.-кор. РАН профессора Л.Л. Колесникова [7].

В 2019 г. комитет Федеральной международной программы анатомической терминологии, созданный Международной федерацией ассоциаций анатомов, выпустил второе издание анатомической терминологии на английском языке. Сразу появилось основание для повторного пересмотра отечественного варианта анатомической номенклатуры. После получения от вышеуказанного комитета одобрения перевода нового издания анатомической терминологии на русский язык в ноябре 2020 г. образован НМОАГЭ — Российский анатомический номенклатурный комитет (РАНК) для выпуска нового издания анатомической терминологии на русском языке. РАНК допускал применение иноязычных терминов в русской транскрипции, если они не имеют легких в использовании русских эквивалентов. Иноязычные термины, транскрибированные на русский язык, следует считать предпочтительными, когда они широко распро-

странены в клинической медицине. В случаях применения иноязычных и заимствованных слов все терминологические сочетания и производные составляются, исходя из выбранного термина. При транскрибировании иноязычных терминов, вводимых в номенклатуру, рекомендуется соблюдать нормы словообразования и грамматики русского языка. Комиссия добивалась того, чтобы каждый латинский термин Международной анатомической терминологии не имел нескольких русских эквивалентов. В случаях, когда наблюдается исторически различная трактовка анатомического термина в России и за рубежом, РАНК при проведении изменений руководствовался принципом, что русские анатомические термины должны быть по возможности близкими по значению к официальным латинским терминам [8].

Предложенную авторами статьи новую медицинскую классификацию можно отнести к клиническим, которые более демократичны и легко могут подвергаться изменениям, в отличие от анатомических классификаций, которые можно считать консервативными и не подлежащим изменениям.

Предложение авторов по введению новых терминов в клиническую практику, безусловно, заслуживает внимания и после обсуждения и одобрения может использоваться в работе практикующими хирургами и травматологами-ортопедами.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Привес М.Г., Лысенков Н.К., Бушкович В.И. *Анатомия человека*. 13-е изд., испр. и доп. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2022. 896 с.
Prives M.G., Lysenkov N.K., Bushkovich V.I. *Human Anatomy*. Moscow: GEOTAR-Media; 2022. 896 p. (In Russian).
2. Tile M. Pelvic ring fractures: should they be fixed? *J Bone Joint Surg Br*. 1988;70(1):1-12. doi: 10.1302/0301-620X.70B1.3276697.
3. Tile M., Helfet D. Fractures of the pelvis and acetabulum (AO): principles and methods of management. Davos: AO Publishing; 2015. 1000 p.
4. Day A.C., Kinmont C., Bircher M.D., Kumar S. Crescent fracture-dislocation of the sacroiliac joint. *J Bone Joint Surg Br*. 2007;89(5):651-658. doi: 10.1302/0301-620X.89B5.18129.
5. Burgess A. Invited commentary: Young-Burgess classification of pelvic ring fractures: does it predict mortality, transfusion requirements, and nonorthopaedic injuries? *J Orthop Trauma*. 2010;24(10):609. doi: 10.1097/01.bot.0000389016.21888.f4.
6. Хелимский М.А., Глушак В.С., Зырянова Т.Д. Экспериментальные исследования по определению сил сопротивления тазового пояса человека. *Экспериментальная хирургия и анестезиология*. 1970;(6):30-36.
Khelinskii M.A., Glushak V.S., Zyryanova T.D. Experimental studies to determine the resistance forces of the human pelvic girdle. *Experimental Surgery and Anesthesiology*. 1970;(6):30-36. (In Russian).
7. Международная анатомическая терминология (с официальным списком русских эквивалентов). Москва: Медицина; 2003. 424 с.
International anatomical terminology (with an official list of Russian equivalents). Moscow: Medicine; 2003. 424 p. (In Russian).
8. Никитюк Д.Б., Каган И.И., Дыдыкин С.С., Заднипрый И.В., Васильев Ю.Л., Капитонова М.Ю. О втором издании Международной анатомической терминологии и ее русском эквиваленте. *Оперативная хирургия и клиническая анатомия*. 2022;6(3):56-67. doi: 10.17116/operhirurg2022603156.
Nikityuk D.B., Kagan I.I., Dydykin S.S., Zadnipryany I.V., Vasil'ev Yu.L., Kapitonova M.Yu. About the second edition of the International Anatomical Terminology and its Russian equivalent. *Russian Journal of Operative Surgery and Clinical Anatomy*. 2022;6(3):56-67. (In Russian).

Сведения об авторе

✉ Кажанов Игорь Владимирович — д-р мед. наук
Адрес: Россия, 194044, г. Санкт-Петербург,
ул. Академика Лебедева, д. 6
<https://orcid.org/0000-0003-2880-2630>
e-mail: carta400@rambler.ru

Author's information

✉ Igor V. Kazhanov — Dr. Sci. (Med.)
Address: 6, St. Petersburg, Akademika Lebedeva st.,
194044 Russia
<https://orcid.org/0000-0003-2880-2630>
e-mail: carta400@rambler.ru