

Влияние положения туннелей на результаты транстибиальной реконструкции передней крестообразной связки

С.А. Банцер¹, А.П. Трачук¹, О.Е. Богопольский¹, Р.М. Тихилов^{1, 2},
И.В. Сушков¹, Е.Я. Мурга¹

¹ ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»
Минздрава России

Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»

Минздрава России

Ул. Кирочная, д. 41, Санкт-Петербург, 191015, Россия

Реферат

Цель исследования — определить локализацию костных туннелей после реконструкции передней крестообразной связки (ПКС) с применением транстибиальной техники и оценить влияние их положения на клинические результаты лечения.

Материал и методы. Было проведено клинико-лучевое обследование 54 пациентов в сроки от 25 до 57 нед. после транстибиальной реконструкции ПКС с использованием трансплантата из сухожилий подколенных мышц. Состоятельность трансплантата ПКС оценивали по данным магнитно-резонансной томографии. Локализацию костных туннелей определяли методом компьютерной томографии с трехмерной реконструкцией. Для субъективной оценки результатов оперативного лечения использовали шкалы-опросники IKDC-2000, KOOS и Lysholm. Для оценки переднезаднего и ротационного смещения голени относительно бедра проводили мануальные тесты «переднего выдвижного ящика», Лахмана и pivot-shift, а также выполняли артродетрию коленного сустава. Пациенты были разделены на две группы в зависимости от положения центра бедренного туннеля по отношению к латеральному межмышечковому гребню (ЛМГ). К 1-й группе были отнесены пациенты, у которых центр бедренного туннеля располагался впереди от ЛМГ, ко 2-й группе — в зоне ЛМГ.

Результаты. По данным КТ было выявлено, что большеберцовый туннель у пациентов обеих групп располагался в пределах средней или задней трети зоны прикрепления ПКС. Центр бедренного туннеля у 32 больных (59%) был расположен впереди и вне зоны ЛМГ (1-я группа), у остальных 32 (41%) — в проксимальной части ЛМГ (2-я группа). При субъективной оценке по шкалам-опросникам более высокие показатели были выявлены по шкале Lysholm. При объективном обследовании были обнаружены статистически значимые различия между группами. Так, в 1-й группе у 78% пациентов выявились положительные результаты мануальных тестов первой или второй степени, тогда как во 2-й группе аналогичные симптомы определялись лишь у 32% больных. По данным итоговой оценки IKDC-2000, к категории А были отнесены 19% пациентов из 1-й группы и 64% из 2-й, остальные больные обеих групп соответствовали категориям В или С.

Заключение. Транстибиальная техника реконструкции ПКС с использованием трансплантата из сухожилий подколенных мышц у большинства пациентов не позволяет расположить бедренный туннель в анатомической зоне прикрепления. При этом положение костных туннелей оказывает значительное влияние на стабильность коленного сустава.

Ключевые слова: передняя крестообразная связка, стабильность коленного сустава, артроскопия коленного сустава.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-7-16.

Банцер С.А., Трачук А.П., Богопольский О.Е., Тихилов Р.М., Сушков И.В., Мурга Е.Я. Влияние положения туннелей на результаты транстибиальной реконструкции передней крестообразной связки. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(3):7-16. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-7-16.

Cite as: Bantser S.A., Trachuk A.P., O.E. Bogopol'sky, Tikhilov R.M., Sushkov I.V., Murga E.Ya. [Effect of Bone Tunnels Positioning on Outcomes of Transtibial Anterior Cruciate Ligament Reconstruction]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(3):7-16. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-7-16.

Банцер Сергей Александрович. Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия / Sergei A. Bantser. 41, Kirochnaya ul., St. Petersburg, 191015, Russian Federation; e-mail: sergeibantser@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 26.06.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 18.08.2017.

Effect of Bone Tunnels Positioning on Outcomes of Transtibial Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

S.A. Bantser¹, A.P. Trachuk¹, O.E. Bogopol'sky¹, R.M. Tikhilov^{1,2},
I.V. Sushkov¹, E.Ya. Murga¹

¹ Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics
8, ul. Akad. Baykova, St. Petersburg, 195427, Russian Federation

² Mechnikov North-Western State Medical University
41, Kirochnaya ul., St. Petersburg, 191015, Russian Federation

Abstract

Purpose of the study – to evaluate position of bone tunnels after transtibial anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) and to determine the relationship of outcomes on their localization.

Material and methods. 54 patients in follow up from 25 to 57 months after transtibial ACLR with hamstring tendons. In all patients was performed magnetic resonance imaging (MRI) to evaluate structure of graft. Bone tunnels localization was determined by computed tomography with three-dimensional reconstruction. Subjective score evaluation was performing by scales IKDC-2000, KOOS, Lysholm. Knee laxity was measured by anterior drawer, Lachman, pivot-shift tests and with arthrometr. Patient was separated in groups depending on the localization of the femoral tunnel for lateral intercondylar ridge (1 group – center of femoral tunnel in front of the LIR, 2 group – in zone of the LIR).

Results. Tibial tunnel position in both groups of patients was the same and localized in central or back third of the footprint. The center of femoral tunnel in 32 patients (59%) was localized in front of the LIR (1 group), in other 22 (41%) – in proximal part of LIR (2 group). Clinical results show statistically significant differences between groups in knee stability and IKDC-2000. In 1 group 78% patients have knee instability grade 1 or 2, while in 2 group similar symptoms was in 32% patients. IKDC-2000 grade A were attributed 19% patients from 1 group and 64% from 2 group, rest of them was grade B or C.

Conclusions. Transtibial anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendons in most patients did not allow anatomical femoral tunnel placement. Clinical outcomes were much affected by the localization of bone tunnels.

Keywords: anterior cruciate ligament, knee stability, knee arthroscopy.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-7-16.

Competing interests: the authors declare that they have no competing interests.

Funding: the authors have no support or funding to report.

Введение

Формирование костных туннелей в зонах прикрепления передней крестообразной связки (ПКС) является основным условием успеха ее реконструкции [1–4]. На сегодняшний день транстибиальная техника формирования костных туннелей широко используется хирургами [5–7]. Однако многие авторы указывают на то, что эта техника не всегда позволяет разместить трансплантат в зонах прикрепления ПКС [8–10]. В результате формируется вертикальное положение трансплантата, что не позволяет полноценно восстановить биомеханику коленного сустава [11]. У значительной части пациентов сохраняется остаточная нестабильность коленного сустава, которая способствует развитию посттравматического остеоартроза [12–14].

Для повышения точности позиционирования костных туннелей и улучшения клинических результатов многие хирурги стали использовать технику независимого сверления туннелей [2, 3], а некоторые исследователи предложили усовершенствовать транстибиальную технику путем более косо го направления большеберцового туннеля [15–17]. Преимущества техник

независимого сверления туннелей обоснованы в основном в экспериментальных анатомо-био-механических исследованиях. Однако сравнительный анализ клинических исходов не показывает существенных различий [18, 19]. Поэтому в 2015 г. Американская академия хирургов-ортопедов признала, что для восстановления ПКС хирург может использовать как независимый, так и транстибиальный доступ для формирования бедренного туннеля [20].

Цель исследования – определить локализацию костных туннелей после транстибиальной техники реконструкции ПКС и оценить влияние их положения на клинические результаты.

Материал и методы

Было проведено клинико-лучевое обследование 54 пациентов, прооперированных в период с 2012 по 2014 г. с использованием транстибиальной техники реконструкции ПКС. Среди обследуемых было 44 (81%) мужчины и 10 (19%) женщин в возрасте от 19 до 44 лет (средний возраст – 28,5±0,8 лет). Период наблюдения после

операции составлял от 25 до 57 мес. (в среднем $41,1 \pm 1,0$ мес.). Характеристика пациентов представлена в таблице 1.

В исследуемую выборку включали пациентов с неповрежденным структурно-оформленным трансплантатом ПКС.

Критериями исключения из исследования были множественные повреждения связок, выраженный остеоартроз, послеоперационные инфекционные осложнения и повторные травмы с полными разрывами трансплантата.

Хирургическая техника. В положении пациента на спине из стандартных артроскопических доступов производили удаление остатков ПКС, а также резекцию поврежденных участков менисков. Затем из косога разреза длиной 4–5 см выделяли сухожилия полусухожильной и нежной мышц, из которых формировали счетверенный ауто трансплантат диаметром от 7 до 9 мм. С использованием большеберцового направителя ACUFEX DIRECTOR Drill Guide (Smith & Nephew) проводили ориентирующую спицу в медиальном мыщелке большеберцовой кости под углом 55° в сагиттальной плоскости

(рис. 1 а) и под углом 40° во фронтальной плоскости (рис. 1 б). Сверлом соответствующего диаметра формировали туннель, через который за задне-верхний край латерального мыщелка бедренной кости (ЛМБК) устанавливали направитель Endoscopic Femoral Aimer Arm (Smith & Nephew) с выносом 5 мм, ориентируя его в максимально возможном косом положении примерно на 10 ч 30 мин (13 ч 30 мин) условного циферблата. По направляющей спице сверлом соответствующего диаметра формировали костный туннель в ЛМБК. Затем трансплантат фиксировали в бедренном туннеле при помощи биодеградируемых штифтов RigidFix (DePuy Mitek) и в большеберцовом туннеле с использованием интерферентного биодеградируемого винта Milagro (DePuy Mitek).

Клиническое обследование. Осмотр пациентов проводили в очной форме в сроки от 25 до 57 мес. после оперативного лечения (в среднем через $41,1 \pm 1,0$ мес.). Для субъективной оценки результатов оперативного лечения использовали шкалы-опросники IKDC-2000, KOOS и Lysholm.

Таблица 1/ Table 1

**Характеристика пациентов
Patient demographics**

| Признак | 1-я группа | 2-я группа | <i>p</i> |
|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------|
| Количество | 32 | 22 | — |
| Пол | Мужчины — 26 Женщины — 6 | Мужчины — 18 Женщины — 4 | — |
| Возраст, лет | $27,7 \pm 0,9$ | $29,8 \pm 1,3$ | 0,180 |
| Период наблюдения, мес. | $41,2 \pm 1,2$ | $41,0 \pm 1,0$ | 0,904 |
| Диаметр трансплантата, мм | $7,7 \pm 0,1$ | $7,8 \pm 0,1$ | 0,460 |

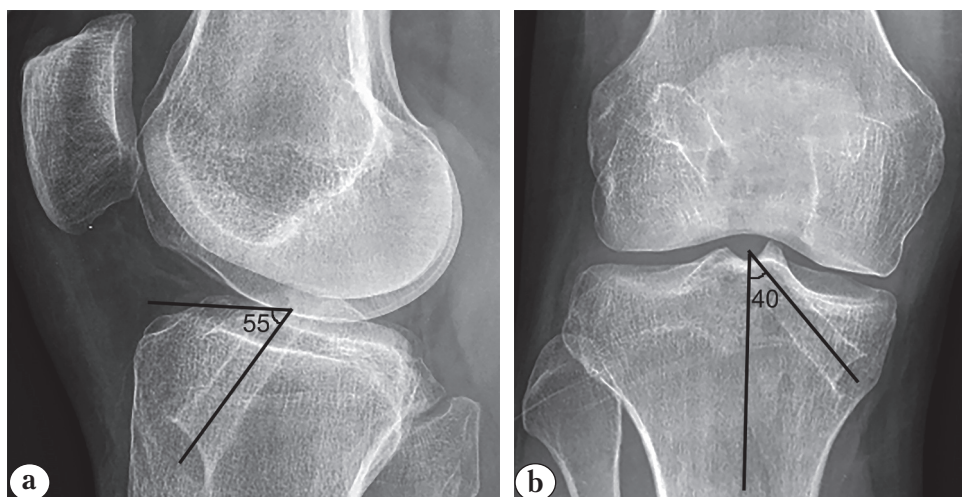


Рис. 1. Послеоперационные рентгенограммы коленного сустава: большеберцовый костный туннель, сформированный под углом 55° в сагиттальной плоскости (а) и под углом 40° во фронтальной плоскости (б)

Fig. 1. Postop knee X-ray: tibial bone tunnel at 55° in the sagittal plane (a) and at 40° in the frontal plane (b)

Переднее смещение голени относительно бедра определяли при помощи мануальных тестов «переднего выдвигающего ящика» и Лахмана. Количественное измерение переднего смещения голени относительно бедра проводили с использованием артрометра (патент на изобретение № 2336816 от 23.11.2006) при сгибании в коленном суставе под углом 25° и максимальном мануальном усилии. Ротационное смещение голени относительно бедра оценивали с помощью теста pivot-shift. Все исследования проводили в сравнении с неповрежденным коленным суставом.

Оценка трансплантата ПКС. Для определения целостности и структурных особенностей трансплантата ПКС анализировали данные магнитно-резонансной томографии (МРТ) коленного сустава на сверхвысокопольном аппарате Siemens Verio 3,0 Тесла. Исследование выполняли в сагиттальной (T2 TSE, PD+FS TSE режимах), косо-сагиттальной (T2 TSE), фронтальной (PD+FS TSE) и косо-аксиальной (T2 TSE) проекциях. В исследуемую выборку включали пациентов с неповрежденным структурно-оформленным трансплантатом ПКС.

Оценка положения костных туннелей. Для определения локализации костных туннелей выполняли компьютерную томографию коленного сустава на аппарате Toshiba Aquilion Prime (64 среза) с последующей трехмерной реконструкцией и обработкой результатов в программе OsiriX MD 7.0.

Положение центра большеберцового туннеля рассчитывали по методу анатомических координатных осей в процентах [21] (рис. 2).

После получения строгой боковой проекции внутренней поверхности ЛМБК в положении сгибания в коленном суставе под углом 90° оценивали положение центра бедренного туннеля относительно латерального межмышцелкового гребня (ЛМГ), который является передней границей прикрепления ПКС на бедренной кости [22]. Поскольку полученные томограммы не позволяли нам четко визуализировать ЛМГ, мы размечали его границы путем построения перпендикуляра на расстоянии от 7 до 10 мм от хряща заднего края медиальной поверхности ЛМБК (рис. 3), что соответствует известным данным о его топографии [23, 24].

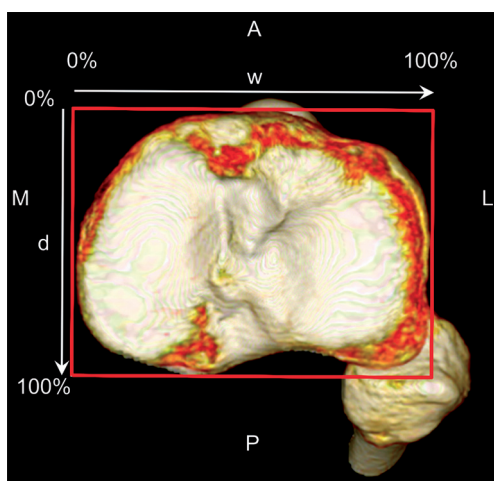


Рис. 2. Расчет положения большеберцового туннеля методом анатомических координатных осей:
ось d – линия, начинающаяся от переднего и заканчивающаяся у заднего края плато большеберцовой кости;
ось w – линия, начинающаяся от медиального и заканчивающаяся у латерального края плато большеберцовой кости

Fig. 2. Estimation of tibial tunnel positioning by the anatomic coordinate axes:
axis d – line starts from the anterior border and ends at the posterior border of tibial plateau;
axis w – line starts from the medial border and ends at the lateral border of tibial plateau

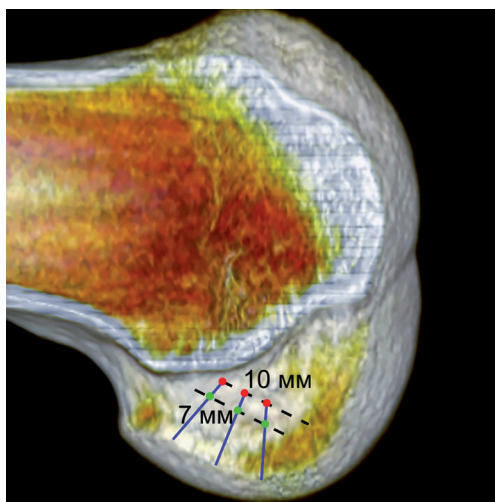


Рис. 3. Разметка положения ЛМГ: задней границы (зеленые точки) на расстоянии 7 мм и передней границы (красные точки) на расстоянии 10 мм от хряща заднего края медиальной поверхности латерального мыщелка бедренной кости

Fig. 3. Marking of LIC position: posterior edge (green dots) located at distance of 7 mm and anterior edge (red dots) located at distance of 10 mm from the cartilage of the posterior margin of the lateral femoral condyle

Пациенты были разделены на две группы в зависимости от положения центра бедренного туннеля по отношению к ЛМГ. К 1-й группе относили пациентов, у которых центр бедренного туннеля располагался кпереди и вне зоны ЛМГ (рис. 4а). Во 2-ю группу включали больных, у которых центр бедренного туннеля был в зоне ЛМГ (рис. 4б)

Для количественного определения локализации бедренного туннеля использовали квадрантный метод Бернарда и Хертеля [25] (рис. 5).

Статистический анализ. Полученные в процессе исследования клинические результаты

обрабатывали с использованием программы STATISTICA 10. Частотные характеристики качественных показателей сравнивали с использованием непараметрических методов χ^2 , χ^2 с поправкой Йетса (для малых групп) и критерия Фишера. Для анализа количественных параметров в исследуемых группах применяли критерии Манна – Уитни, медианный хи-квадрат и модуль ANOVA. Оценку изучаемых показателей в динамике проводили с помощью критерия знаков и критерия Вилкоксона. Критерием статистической значимости получаемых выводов мы считали общепринятую в медицине величину $p < 0,05$.

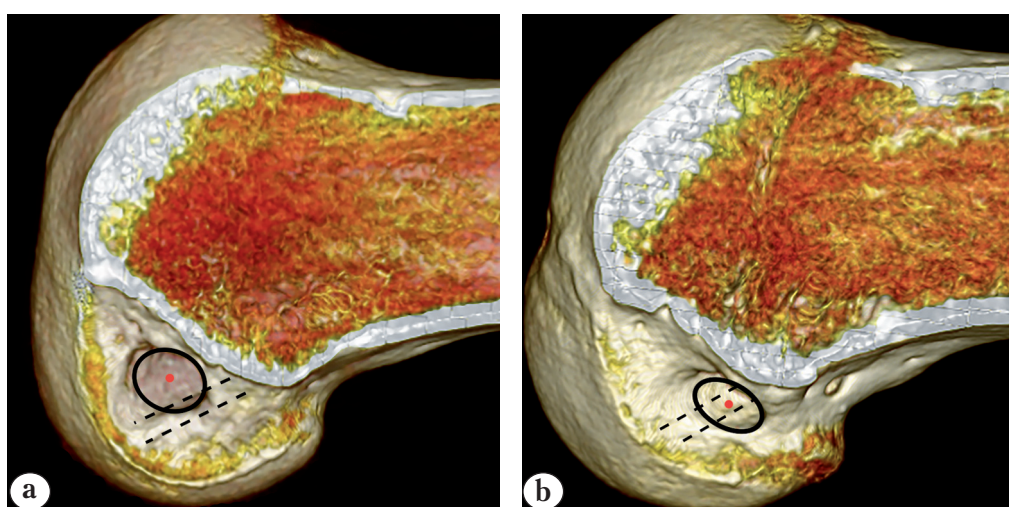


Рис. 4. Положение центра бедренного туннеля кпереди от ЛМГ (а), в зоне ЛМГ (б)

Fig. 4. Femoral tunnel positioning in front of LIC (a), in zone of LIC (b)

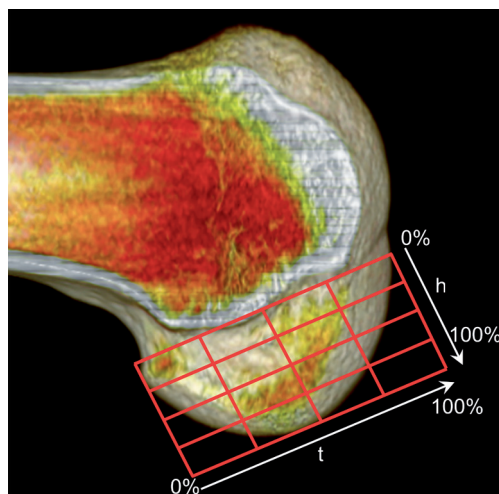


Рис. 5. Оценка локализации бедренного туннеля с использованием квадрантного метода Бернарда и Хертеля (при сгибании в коленном суставе под углом 90°):

ось t – линия, проведенная параллельно линии Blumensaatt, начинающаяся от заднего и заканчивающаяся у переднего края латерального мыщелка бедренной кости;
ось h – линия, проведенная перпендикулярно линии Blumensaatt, начинающаяся от крыши межмыщелковой вырезки и заканчивающаяся у нижнего края латерального мыщелка бедренной кости

Fig. 5. Femoral tunnel positioning by the Bernard and Hertel quadrant method (90° of knee flexion):

axis t – line parallel to the Blumensaatt line, starts from the posterior margin and ends at the anterior margin of the lateral femoral condyle;
axis h – line perpendicular to the Blumensaatt line, starts from the roof of the intercondylar notch and ends at the inferior margin of the lateral femoral condyle

Результаты

По данным КТ, при оценке большеберцового туннеля методом анатомических координатных осей, его центр у пациентов 1-й группы располагался в $46,5 \pm 1,0\%$ от переднего края плато по оси d и в $45,6 \pm 0,3\%$ от медиального края плато по оси w . У пациентов 2-й группы большеберцовый туннель располагался в $46,4 \pm 1,1\%$ от переднего края плато по оси d и в $45,2 \pm 0,4\%$ от медиального края плато по оси w . Статистический анализ не выявил значимых различий между группами в положении большеберцового туннеля. В соответствии с известными данными о локализации зоны прикрепления ПКС, практически у всех пациентов центр большеберцового туннеля был в пределах средней или задней ее трети [21, 26].

Центр бедренного туннеля у 32 (59%) пациентов был расположен кпереди и вне зоны ЛМГ (1-я группа), у остальных 22 (41%) пациентов — в проксимальной части ЛМГ (2-я группа). В исследуемых группах нам не удалось обнаружить ни одного пациента, у которого центр бедренно-

го туннеля был бы позади ЛМГ. Локализация центров бедренных туннелей по отношению к ЛМГ представлена на рисунке 6.

При статистическом анализе были выявлены значимые различия в локализации бедренного туннеля. Так, в 1-й группе расстояние от хряща заднего края медиальной поверхности ЛМБК до центра бедренного туннеля было $13,1 \pm 0,7$ мм, тогда как во 2-й группе — $9,2 \pm 0,4$ мм. При оценке положения бедренного туннеля с использованием квадрантного метода было выявлено, что у пациентов 1-й группы он располагался в $43,4 \pm 0,6\%$ от заднего края ЛМБК по оси t и в $14,8 \pm 0,9\%$ от верхнего края медиальной поверхности ЛМБК по оси h . Во 2-й группе центр бедренного туннеля находился в $34,4 \pm 0,8\%$ от заднего края ЛМБК по оси t и в $17,8 \pm 0,8\%$ от верхнего края медиальной поверхности ЛМБК по оси h .

По результатам анализа МР-томограмм у пациентов обеих групп визуализировали однородный, зрелый, структурно-оформленный трансплантат ПКС без признаков повреждения (рис. 7).

Клиническую часть исследования проводили в сроки от 25 до 57 мес. после операции (в среднем через $41,1 \pm 1,0$ мес.), используя известные функциональные шкалы-опросники IKDC-2000, KOOS и Lysholm. Более высокие субъективные результаты операции были выявлены у пациентов 2-й группы, однако статистически значимыми они оказались только по шкале Lysholm. Результаты оперативного лечения по данным шкал-опросников представлены в таблице 2.

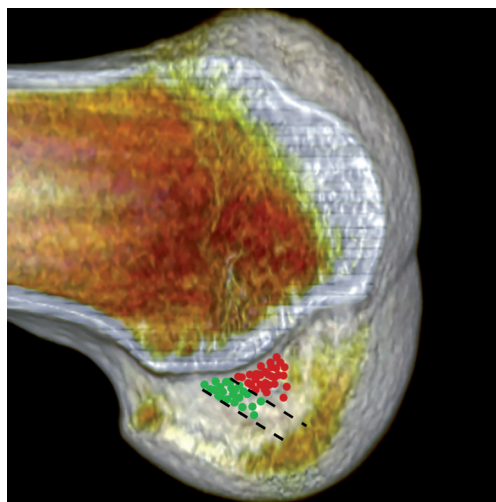


Рис. 6. Положение центров бедренных туннелей (красные точки — 1-я группа пациентов, зеленые — 2-я группа)

Fig. 6. Positioning of centers of femoral tunnels (red dots — 1st group, green dots — 2nd group)

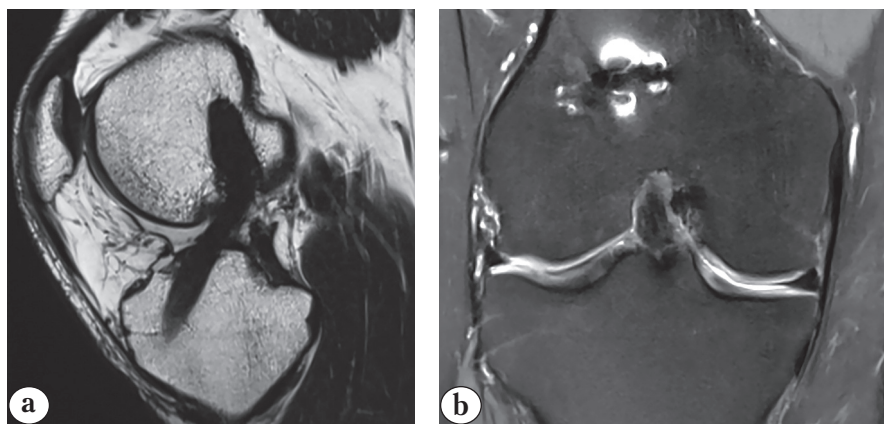


Рис. 7. МР-томограмма неповрежденного и структурно-оформленного трансплантата ПКС в косо-сагиттальной (а) и фронтальной (б) проекциях

Fig. 7. MRI of the intact and structured ACL graft in sagittal-oblique (a) and in coronal (b) views

В 1-й группе мануальные тесты «переднего выдвижного ящика» и Лахмана были отрицательными у 10 пациентов (31%), первая степень была выявлена у 15 (47%) пациентов, вторая степень — в остальных 7 (22%) случаях. Во 2-й группе тесты были отрицательными у 15 (68%) пациентов, первая степень была выявлена у 6 (27%) пациентов, вторая степень была определена в 1 случае (5%). По результатам артрометрии коленного сустава было выявлено увеличение переднего смещения голени относительно бедра на $2,4 \pm 0,4$ мм по сравнению со здоровой стороной у пациентов в 1-й группе и на $1,2 \pm 0,3$ мм во 2-й группе. В 1-й группе pivot-shift тест был отрицательным у 7 (22%) пациентов, первая степень была обна-

ружена у 15 (47%) пациентов, вторая степень — в остальных 10 (31%) случаях. Во 2-й группе pivot-shift тест был отрицательным у 15 (68%) пациентов, первая степень присутствовала у 5 (23%) пациентов, вторая степень — в 2 (9%) случаях. Результаты мануальных тестов оценки ПКС представлены на рисунке 8.

По данным функциональной шкалы оценки коленного сустава IKDC-2000, среди пациентов 1-й группы к категории А (норма) были отнесены 6 (19%) больных, к В (близко к норме) — 16 (50%), к категории С (плохо) — 10 (31%). Среди пациентов 2-й группы к категории А были отнесены 14 (64%) больных, к категории В — 6 (27%), к категории С — 2 (9%) (рис. 9).

Таблица 2/ Table 2

Субъективная оценка результатов оперативного лечения
Subjective assessment of surgical treatment results

| Шкала | Подшкала | 1-я группа, n = 32 | 2-я группа, n = 22 | p |
|---------|----------------|---------------------|---------------------|-------|
| IKDC | — | 86,7±1,6 (63,2–100) | 91,2±1,6 (73,6–100) | 0,062 |
| Lysholm | — | 89,6±1,2 (79–100) | 95,3±1,4 (75–100) | <0,05 |
| KOOS | Боль | 94,5±1,1 (78–100) | 97,3±0,9 (86–100) | 0,061 |
| | Симптомы | 91,2±1,4 (68–100) | 91,8±1,8 (68–100) | 0,789 |
| | Функция в быту | 98,2±0,6 (89–100) | 99,0±0,5 (90–100) | 0,305 |
| | Спорт | 87,5±2,0 (65–100) | 91,6±2,8 (55–100) | 0,229 |
| | Качество жизни | 76,7±3,0 (44–100) | 83,7±3,2 (44–100) | 0,125 |

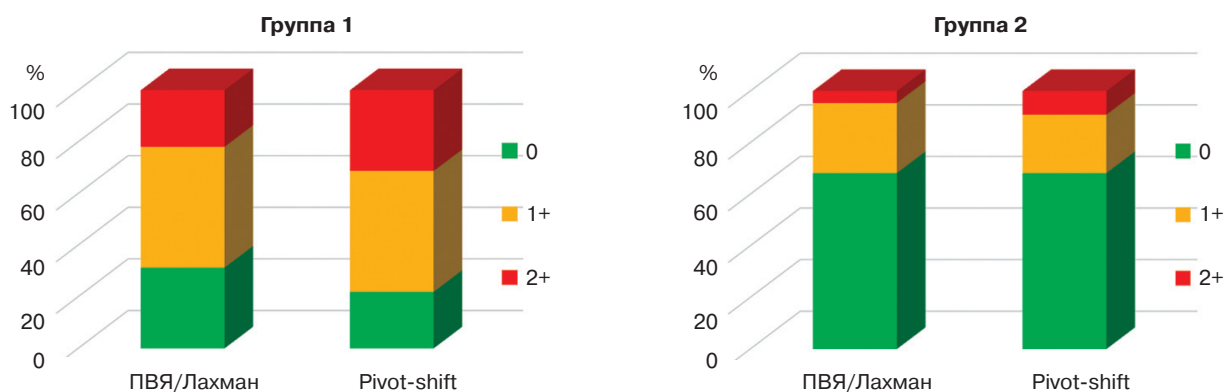


Рис. 8. Результаты мануальных тестов оценки ПКС в двух группах пациентов, $p < 0,05$

Fig. 8. Evaluation of the knee stability with Lachman test and Pivot Shift Test (a — group 1, b — group 2), $p < 0,05$

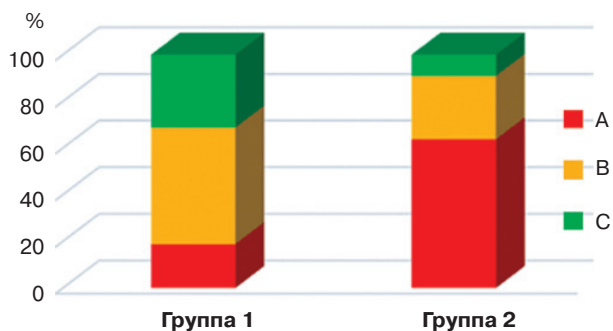


Рис. 9. Различия между группами по результатам функциональной шкалы оценки коленного сустава IKDC-2000, $p < 0,05$

Fig. 9. Differences between the groups by the IKDC-2000 knee examination, $p < 0,05$

Обсуждение

Транстибиальная техника формирования костных туннелей с использованием сухожилий подколенных мышц до настоящего времени остается в арсенале многих хирургов, поскольку она относительно проста технически, а также позволяет сократить операционное время [1, 27, 28]. Однако эта техника нередко приводит к неанатомичному (вертикальному) размещению трансплантата ПКС, что проявляется большой долей пациентов с признаками остаточной ротационной нестабильности коленного сустава [11, 13, 14]. В то же время, по мнению некоторых авторов, более косое положение большеберцового туннеля или использование трансплантатов больших диаметров может способствовать размещению костных туннелей в изометрической части зоны прикрепления ПКС [8, 15–17].

Переход к техникам независимого сверления туннелей должен был обеспечить более точное размещение трансплантата ПКС в зонах прикрепления и, следовательно, улучшить качество клинических исходов. Преимущества независимых техник формирования туннелей были доказаны в основном кадаверными испытаниями [4, 18, 29]. Однако изучение клинических результатов не позволило выявить значимых различий в исходах после транстибиальной и независимых техник реконструкции ПКС [5, 20, 30]. В связи с этим отсутствует единое мнение об оптимальном способе формирования костных туннелей [31].

Критерием включения в исследование было отсутствие признаков повреждения трансплантата ПКС по данным МРТ. Таким образом, мы имели возможность оценивать функцию сухожильного трансплантата в зависимости от его положения.

Проведенный в результате нашего исследования анализ свидетельствует, что транстибиальная техника обеспечивает положение большеберцового туннеля в пределах центральной или задней части зоны прикрепления ПКС. Эти результаты соответствуют исследованиям других авторов [10, 14, 15].

При анализе локализации бедренного туннеля нами были выявлены существенные различия, что повлияло на распределение пациентов на группы сравнения. Использование рациональной транстибиальной техники позволило лишь у части больных (41%) добиться размещения бедренного туннеля в зоне ЛМГ, что лишь частично соответствовало зоне прикрепления ПКС, тогда как у остальных 59% он был вне анатомического места. Передняя часть туннеля на бедре всегда находилась кпереди от края ЛМГ, т.е. вне проекции зоны прикрепления ПКС. У пациентов

2-й группы бедренный туннель был расположен в проксимальной части ЛМГ (проекция переднемедиального пучка ПКС), что соответствовало изометричной позиции трансплантата. При этом в качестве материала для реконструкции ПКС нами использовался трансплантат из сухожилий подколенных мышц, который имел диаметр от 7 мм до 9 мм. В 2016 г. S. Bhatia с соавторами на основании кадаверного исследования сделали вывод, что транстибиальная техника позволяет разместить бедренный туннель в зоне прикрепления ПКС лишь при использовании сверла диаметром не менее 9 мм [8].

Позиция туннелей в средней или задней трети зоны прикрепления ПКС на большеберцовой и в проксимальной части бедренной кости приводила к вертикальному положению трансплантата. При этом, по данным других авторов, вертикальное положение трансплантата обеспечивает худшую ротационную стабильность коленного сустава [13, 14]. По данным литературы, у 20–50% пациентов в отдаленные сроки после транстибиальной реконструкции ПКС с использованием сухожилий подколенных мышц выявляется остаточная нестабильность коленного сустава [32, 33]. В нашем исследовании отрицательные результаты мануальных тестов оценки ПКС были лишь у 22 (41%) пациентов из 54, тогда как у остальных 32 (59%) пациентов были выявлены положительные результаты тестов первой или второй степени. При этом различия в положении бедренного туннеля оказывали значимое влияние на среднесрочные результаты оперативного лечения. В случаях локализации бедренного туннеля в зоне ЛМГ были получены более высокие субъективные оценки. По результатам проведенных мануальных и инструментальных тестов, в случаях когда бедренный туннель был расположен кпереди от ЛМГ, чаще выявлялись симптомы нестабильности коленного сустава (78%), тогда как при его локализации в зоне ЛМГ — лишь у 32% пациентов. E.E. Khalfayan с соавторами в 1996 г. показали, что положение бедренного туннеля на расстоянии 60% и более от переднего края ЛМБК параллельно линии Blumensaat обеспечивало лучшие клинические результаты после транстибиальной реконструкции ПКС [12].

Заключение

Транстибиальная техника с использованием аутотрансплантата из сухожилий подколенных мышц не позволяет расположить бедренный туннель в зоне проекции прикрепления ПКС более чем у половины пациентов, что в среднесрочном периоде приводит к развитию симптомов неста-

бильности коленного сустава. Для более точного размещения костных туннелей в зоне прикрепления ПКС целесообразно использовать технику их независимого формирования.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Литература / References

- Хоминец В.В., Рикун О.В., Шаповалов В.М., Абрамов Г.Г., Гамолин С.В., Гладков Р.В., Федоров Р.А., Шкарупа А.В. Ревизионные реконструкции передней крестообразной связки при переднелатеральной ротационной нестабильности коленного сустава у военнослужащих. *Военно-медицинский журнал*. 2016;(6):24-29. Khominets V.V., Rikun O.V., Shapovalov V.M., Abramov G.G., Gamolin S.V., Gladkov R.V., Fedorov R.A., Shkarupa A.V. [Revision anterior cruciate ligament of knee reconstruction in case of anterolateral rotation knee instability in servicemen]. *Voенно-meditsinskiy zhurnal [Military Medical Journal]*. 2016;(6):24-29.
- Fu F.H., van Eck C.F., Tashman S., Irrgang J.J., Moreland M.S. Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction: a changing paradigm. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(3):640-648. DOI: 10.1007/s00167-014-3209-9.
- Martins C.A.Q., Kropf E.J., Shen W., van Eck C.F., Fu F.H. The concept of anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Oper Tech Sports Med.* 2008;16(3):104-115. DOI: 10.1053/j.otsm.2008.10.008.
- Muller B., Duerr E.R.H., van Dijk C.N., Fu F.H. Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction reducing anterior tibial subluxation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(9):3005-3010. DOI: 10.1007/s00167-015-3612-x.
- Altertorn-Geli E., Lajara F., Samitier G., Cugat R. The transtibial versus the anteromedial portal technique in the arthroscopic bone-patellar tendon-bone anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(8):1013-1037. DOI: 10.1007/s00167-009-0964-0.
- Chechik O., Amar E., Khashan M., Lador N., Eyal G., Gold A. An international survey on anterior cruciate ligament reconstruction practices. *Int Orthop.* 2013;37(2):201-207. DOI: 10.1007/s00264-012-1611-9.
- Diquin T.R., Wind M.W., Finesberg M.S., Smolinski R.J., Buyea C.M. Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. *J Knee Surg.* 2009;22(1):7-12.
- Bhatia S., Korth K., van Thiel G.S., Frank R.M., Gupta D., Cole B.J., Bach B.R., Verma N.N. Effect of tibial tunnel diameter on femoral tunnel placement in transtibial single-bundle ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(1):51-57. DOI: 10.1007/s00167-014-3307-8.
- Gadikota H.R., Sim J.A., Hosseini A., Gill T.J., Li G. The relationship between femoral tunnels created by the transtibial, anteromedial portal, and outside-in techniques and the anterior cruciate ligament footprint. *Am J Sports Med.* 2012;40(4):882-888. DOI: 10.1177/0363546511434276.
- Kopf S., Forsythe B., Wong A.K., Tashman S., Andrest W., Irrgang J.J., Fu F.H. Nonanatomic tunnel position in traditional transtibial single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction evaluated by three-dimensional computed tomography. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92(6):1427-1431. DOI: 10.2106/JBJS.I.00655.
- Ahn J.H., Lee S.H., Yoo J.C., Ha H.C. Measurement of the graft angles for the anterior cruciate ligament reconstruction with transtibial technique using postoperative magnetic resonance imaging in comparative study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;(15):1293-1300. DOI: 10.1007/s00167-007-0389-6.
- Khalfayan E.E., Sharkey P.F., Alexander A.H., Bruckner J.D., Bynum E.D. The relationship between tunnel placement and clinical results after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1996;24(3):335-341.
- Lee M.C., Seong S.C., Lee S., Chang C.B., Park Y.K., Jo H., Kim C.H. Vertical femoral tunnel placement results in rotational knee laxity after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2007;23(7):771-778. DOI: 10.1016/j.arthro.2007.04.016.
- Strauss E.J., Barker J.U., McGill K., Cole B.J., Bach B.R., Verma N.N. Can anatomic femoral tunnel placement be achieved using a transtibial technique for hamstring anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2011;39(6):1263-1269. DOI: 10.1177/0363546510395488.
- Gougoulias N., Khanna A., Griffiths D., Maffulli N. ACL reconstruction: can the transtibial technique achieve optimal tunnel positioning? A radiographic study. *Knee.* 2008;15(6):486-490. DOI: 10.1016/j.knee.2008.07.006.
- Lee J.K., Lee S., Seong S.C., Lee M.C. Anatomic single-bundle ACL reconstruction is possible with use of the modified transtibial technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96(8):664-672. DOI: 10.2106/JBJS.M.00088.
- Rue J.P.H., Ghodadra N., Bach B.R. Femoral tunnel placement in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2008;36(1):73-79. DOI: 10.1177/0363546507311093.
- Sim J.A., Gadikota H.R., Li J.S. Biomechanical evaluation of knee joint laxities and graft forces after anterior cruciate ligament reconstruction by anteromedial portal, outside-in, and transtibial techniques. *Am J Sports Med.* 2011;39(12):2604-2610. DOI: 10.1177/0363546511420810.
- Youm Y.S., Cho S.D., Lee S.H., Youn C.H. Modified transtibial versus anteromedial portal technique in anatomic single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: comparison of femoral tunnel position and clinical results. *Am J Sports Med.* 2014;42(12):2941-2948. DOI: 10.1177/0363546514551922.
- Shea K.G., Carey J.L., Richmond J., Sandmeier R., Pitts R.T., Polousky J.D., Chu C., Shultz S.J., Ellen M., Smith A., LaBella C.R., Anderson A.F., Musahl V., Myer G.D., Jevsevar D., Bozic K.J., Shaffer W., Cummins D., Murray J.N., Patel N., Shores P., Woznica A., Martinez Y., Gross L., Sevarino K. Management of anterior cruciate ligament injuries. *J Bone Joint Surg Am.* 2015;97(8):672-676. DOI: 10.2106/JBJS.N.01257.
- 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/s00776-007-1203-5.
- Feretti M., Ekdahl M., Shen W., Fu F.H. Osseous landmarks of the femoral attachment of the anterior cruciate ligament: an anatomic study. *Arthroscopy.* 2007;23(11):1218-1225. DOI: 10.1016/j.arthro.2007.09.008.
- Сучилин И.А., Маланин Д.А., Краюшкин А.И., Черезов Л.Л., Грунин С.В. Анатомические ориентиры межмышечковой ямки бедренной кости при пластике передней крестообразной связки. *Вестник ВолГМУ.* 2012;42(2):63-65. Suchilin I.A., Malanin D.A., Krayushkin A.I., Cherezov L.L., Grunin S.V. [Anatomical landmarks of the

- femoral intercondylar space in anterior cruciate ligament reconstruction]. *Vestnik VolgSMU* [Journal of VolgSMU]. 2012;42(2):63-65.
24. Iwahashi T., Shino K., Nakata K., Otsubo H., Suzuki T., Amano H., Nakamura N. Direct anterior cruciate ligament insertion to the femur assessed by histology and 3-dimensional volume-rendered computed tomography. *Arthroscopy*. 2010;26(9):13-20. DOI: 10.1016/j.arthro.2010.01.023.
 25. Bernard M., Hertel P., Hornung H., Cierpinski T. Femoral insertion of the ACL. Radiographic quadrant method. *Am J Knee Surg*. 1997;10(1):14-22.
 26. Маланин Д.А., Демешенко М.В., Краюшкин А.И., Сучилин И.А., Черезов Л.Л. Область большеберцового прикрепления передней крестообразной связки с позиций хирургической анатомии. *Вестник ВолгГМУ*. 2015;53(1):43-46. Malanin D.A., Demeshchenko M.V., Krayushkin A.I., Suchilin I.A., Cherezov L.L. [Area of the tibial attachment of the anterior cruciate ligament from the perspective of surgical anatomy]. *Vestnik VolgSMU* [Journal of VolgSMU]. 2015;53(1):43-46.
 27. Кавалерский Г.М., Ченский А.Д., Сорокин А.А., Сухарева А.Г. Современные аспекты артроскопической реконструкции передней крестообразной связки. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2014;(1):10-14. Kavalerskiĭ G.M., Chenskii A.D., Sorokin A.A., Sukhareva A.G. [Modern aspects of arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction]. *Kafedra travmatologii i ortopedii* [The Department of Traumatology and Orthopedics]. 2014;(1):10-14.
 28. Robin B.N., Jani S.S., Marvil S.C., Reid J.B., Schillhammer C.K., Lubowitz J.H. Advantages and disadvantages of transtibial, anteromedial portal, and outside-in femoral tunnel drilling in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Arthroscopy*. 2015;31(7):1412-1419. DOI: 10.1016/j.arthro.2015.01.018.
 29. Tompkins M., Milewski M.D., Brockmeier S.F., Gaskin C.M., Hart J.M., Miller M.D. Anatomic femoral tunnel drilling in anterior cruciate ligament reconstruction: use of an accessory medial portal versus traditional transtibial drilling. *Am J Sports Med*. 2012;40(4):1313-1321. DOI: 10.1177/0363546512443047.
 30. Bohn M.B., Sorensen H., Petersen M.K., Soballe K., Lind M. Rotational laxity after anatomical ACL reconstruction measured by 3-D motion analysis: a prospective randomized trial comparing anatomic and nonanatomic ACL reconstruction techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(12):3473-3481. DOI: 10.1007/s00167-014-3156-5.
 31. Прохоренко В.М., Фоменко С.М., Симагаев Р.О. Хирургическое лечение нестабильности коленного сустава (обзор литературы). *Современные проблемы науки и образования*. 2016;(2):63-71. Prokhorenko V.M., Fomenko S.M., Simagaev R.O. [Surgical treatment of knee joint instability (literature review)]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. 2016;(2):63-71.
 32. Janssen R.P.A., du Me'e A.V.F., van Valkenburg J., Sala H.A.G.M., Tseng C.M. Anterior cruciate ligament reconstruction with 4-strand hamstring autograft and accelerated rehabilitation: a 10-year prospective study on clinical results, knee osteoarthritis and its predictors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21(9):1977-1988. DOI: 10.1007/s00167-012-2234-9.
 33. Streich N.A., Reichenbacher S., Barié A., Buchner M., Schmitt H. Long-term outcome of anterior cruciate ligament reconstruction with an autologous four-strand semitendinosus tendon autograft. *Int Orthop*. 2013;37(2):279-284. DOI: 10.1007/s00264-012-1757-5.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Банцер Сергей Александрович — аспирант ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Трачук Александр Павлович — канд. мед. наук старший научный сотрудник отделения спортивной травматологии и реабилитации ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Богопольский Олег Евгеньевич — врач травматолог-ортопед отделения № 5 ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Тихилов Рашид Муртузалиевич — д-р мед. наук профессор директор ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; профессор кафедры травматологии и ортопедии ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Сушков Иван Владимирович — заведующий отделением лучевой диагностики ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Мурга Евгений Ярославович — врач-рентгенолог ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Sergei A. Bantser — Graduate Student, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Alexandr P. Trachuk — Cand. Sci. (Med.) Senior Researcher, the Department of Sports Traumatology and Rehabilitation, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Oleg E. Bogopol'sky — Orthopedic Surgeon, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Rashid M. Tikhilov — Dr. Sci. (Med.) Professor Director of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics; Professor of Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Ivan V. Sushkov — Head of the Department of X-ray Diagnostics, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Evgeniy Ya. Murga — Radiologist, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation