

Трехсуставной артродез для коррекции деформаций стоп и его влияние на кровоснабжение мягкотканых структур в области оперативного вмешательства у больных церебральным параличом

С.С. Леончук, Е.Н. Щурова, Д.А. Попков, Г.М. Чибиров, Р.Р. Бидямшин, О.И. Гатамов

ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия

Реферат

Цель исследования — оценить клинико-рентгенологические результаты применения трехсуставного артродеза стопы и определить его влияние на кровоснабжение мягких тканей в области оперативного вмешательства при одномоментной коррекции деформации сегмента у пациентов с церебральным параличом. **Материал и методы.** В исследовании представлен опыт использования трехсуставного артродеза для коррекции и стабилизации многокомпонентных деформаций стоп различной степени тяжести у 75 больных (136 стоп) церебральным параличом (II–IV уровень двигательных нарушений по Gross Motor Function Classification System (GMFCS), пролеченных в период с апреля 2012 по декабрь 2016 г. Средний возраст больных составил $16,4 \pm 4,3$ лет (от 11 лет 8 мес. до 43 лет 3 мес.). Все пациенты в исследовании имели выраженные артрозные изменения среднего и заднего отделов стоп. Основным вариантом фиксации заинтересованных костей стопы у больных являлся погружной остеосинтез (эластичные резьбовые спицы, компрессирующие винты) совместно с гипсовой иммобилизацией на 6–8 нед. У пациентов было выполнено в среднем 4,6 хирургических элементов за операцию в рамках многоуровневых ортопедических вмешательств. Для оценки возможного негативного влияния оперативного вмешательства на мягкие ткани стопы при одномоментной коррекции ее деформации было проведено исследование кровоснабжения мягких тканей в области оперативного вмешательства с помощью лазерной и высокочастотной доплеровской флоуметрии до и после выполнения всех этапов операции. **Результаты.** Отдаленные результаты лечения отслежены в среднем через 19 месяцев после оперативного вмешательства у 56 (74,7%) пациентов. Хорошие результаты лечения отмечены у 37 пациентов (66,1%), удовлетворительные — у 19 пациентов (33,9%). Неудовлетворительных результатов не было. Оценка клинического результата производили с использованием критериев Angus-Cowell. Достигнутое значительное рентгенометрическое улучшение сохранялось на контрольных этапах наблюдения. Несмотря на достаточно большую величину одномоментной коррекции деформации стопы, отсутствовало снижение показателей микроциркуляторного кровотока кожи, мышц и подкожно-жировой клетчатки стопы. Регистрировалась либо стабилизация, либо увеличение перфузии этих структур после выполнения всех этапов операции. **Заключение.** Метод трехсуставного артродеза для коррекции деформаций стоп у пациентов с церебральным параличом на фоне выраженных артрозных изменений суставов заднего и среднего отделов сегмента является эффективным методом, который позволяет исправить и стабилизировать достигнутое ее положение. Результаты исследования кровоснабжения мягкотканых структур стопы свидетельствуют о щадящем характере предложенного ортопедического пособия и наличия условий для более ранней, чем при других методах лечения, нагрузки на конечность.

Ключевые слова: деформация стопы, трехсуставной артродез, внутренняя фиксация, церебральный паралич, кровоснабжение мягких тканей.

Леончук С.С., Щурова Е.Н., Попков Д.А., Чибиров Г.М., Бидямшин Р.Р., Гатамов О.И. Трехсуставной артродез для коррекции деформаций стоп и его влияние на кровоснабжение мягкотканых структур в области оперативного вмешательства у больных церебральным параличом. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(4):32-43. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-32-43.

Cite as: Leonchuk S.S., Shchurova E.N., Popkov D.A., Chibirov G.M., Bidiamshin R.R., Gatamov O.I. [Correction of Foot Deformities using Triple Arthrodesis and Its Effect on Soft Tissue Blood Supply at Surgical Site in Patients with Cerebral Palsy]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(4):32-43. (In Russ.). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-32-43.

✉ Леончук Сергей Сергеевич / Sergei S. Leonchuk; e-mail: leon4yk@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 06.12.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 23.06.2018.

Correction of Foot Deformities using Triple Arthrodesis and Its Effect on Soft Tissue Blood Supply at Surgical Site in Patients with Cerebral Palsy

S.S. Leonchuk, E.N. Shchurova, D.A. Popkov, G.M. Chibirov, R.R. Bidiamshin, O.I. Gatamov

Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Abstract

The aim of the study is to evaluate the efficiency of triple arthrodesis of foot and its effect on soft tissues blood supply at the surgical site during simultaneous correction of segment deformity in patients with cerebral palsy. **Material and Methods.** The present study reflects the authors' experience of triple arthrodesis for correction and stabilization of foot multicomponent deformities of varying severity in 75 patients (136 feet) with cerebral palsy (II-IV level by Gross Motor Function Classification System (GMFCS)) treated in the Ilizarov center in the period from April 2012 to December 2016. The average age of the patients was 16.4 ± 4.3 years (from 11 years 8 months to 43 years 3 months). All patients included into the study had severe arthrosis of hind and midfoot. The main option of foot fixation in this group of patients was internal fixation (elastic threaded wires, compression screws) together with plaster cast immobilization for 6–8 weeks. All patients underwent average of 4.59 surgical elements during a procedure as part of simultaneous multilevel interventions. The blood supply at the surgical site was evaluated by laser and high-frequency Doppler flowmetry before and after all stages of the surgery. **Results.** Long-term outcomes were evaluated at the average of 19 months after the surgery in 56 (74.7%) patients. 37 patients (66.1%) demonstrated good treatment outcomes and 19 patients (33.9%) — satisfactory outcomes. No unsatisfactory outcomes were observed. The clinical outcome of foot surgery was evaluated using the Angus-Cowell criteria. The obtained significant x-ray enhancement was maintained at the control stages of the follow up. Despite large simultaneous correction of foot deformity, there was no decrease in the parameters of microcirculatory blood supply of the skin, muscles and subcutaneous fat of the foot. The authors observed a stabilized or an increased perfusion of soft tissues. **Conclusion.** Triple arthrodesis for correction of foot deformities in patients with cerebral palsy and severe arthrosis in hind and midfoot is an efficient method which allows to correct and stabilize gained position of segments. The data of physiological research testify the sparing approach of such procedure and a possibility of an earlier weight-bearing on operated limb.

Keywords: foot deformity, triple arthrodesis, internal fixation, cerebral palsy, soft tissue blood supply.

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

Funding: public financing.

Publishing ethics: the patient provided voluntary consent for publication of case data.

Введение

Деформации стоп являются наиболее частой ортопедической патологией у пациентов с неврологическими заболеваниями. У детей дошкольного возраста, больных церебральным параличом (ЦП) преобладает эквинусный компонент деформации [1]. Однако у детей старшего возраста, подростков и взрослых с этим заболеванием чаще встречается плосковальгусная деформация стоп, которая является одной из главных причин неустойчивости при вертикализации [2–7].

Деформации стоп у подростков и взрослых манифестируют болевым синдромом, изменением мягких тканей (гиперкератоз) в области давления костных элементов (например, головка таранной кости) и являются одной из причин потери активного самостоятельного передвижения. Больные часто испытывают сложности при подборе обуви, ортеза. Плосковальгусная деформация стоп явля-

ется важным элементом в формировании и сохранении патологической походки crouch gate [8].

Детям старшего возраста и взрослым с деформациями стоп рекомендуют выполнять корригирующие остеотомии костей стопы, артрорез, стабилизирующие операции [2–4, 9–13]. Однако реконструктивное вмешательство на стопе за счет остеотомии при ригидных выраженных деформациях костей и изменениях суставного хряща (остеоартроз 2–3 ст.) представляется сомнительным. Нерациональные вмешательства и остеосинтез на стопе без учета возрастных особенностей скелета сегмента, неврологического заболевания пациента зачастую не дают желаемого результата, нередко случаи рецидива деформации, несращения заинтересованных костей, болевого синдрома [10, 13–17]. Положительные сообщения о применении трехсуставного артродеза для коррекции деформации стопы и стаби-

лизации результата описаны во многих работах [3, 6, 9, 10, 18].

Несомненно, при одномоментной коррекции сложных деформаций стопы важно контролировать трофику мягких тканей в области послеоперационной раны и сегмента в целом. Методы лазерной и высокочастотной доплеровской флоуметрии позволяют определять ранние признаки нарушения кровообращения при различных видах анестезии [19], изучать и контролировать изменения тканевой микроциркуляции во время комбинированных реконструктивно-пластических операций [20].

Цель исследования — оценить клинико-рентгенологические результаты применения трехсуставного артродеза стопы и определить его влияние на кровоснабжение мягких тканей в области оперативного вмешательства при одномоментной коррекции деформации сегмента у пациентов с церебральным параличом.

Материал и методы

В нашей клинике в период с января 2012 по декабрь 2016 г. пролечено 75 пациентов (136 стоп) с деформациями стоп методом трехсуставного артродеза в рамках одномоментных многоуровневых ортопедических вмешательств. Больные относились к II–IV функциональному уровню по классификации Gross Motor Function Classification System (GMFCS) [21]. Средний возраст больных составил 16,4±4,3 лет (от 11 лет 8 мес. до 43 лет 3 мес.). Детей в исследовании было 61, взрослых — 14, пациентов мужского пола — 46, женского — 29. Все пациенты имели выраженные дегенеративные изменения среднего и заднего отделов стоп. Доминировали пациенты со спастической диплегией 61 (81,3%), у 14 (18,7%) больных отмечалась спастическая гемиплегия. Преобладали деформации стоп с вальгусной девиацией 119 (87,5%). Структура деформаций стоп у пациентов до лечения представлена в таблице 1.

Таблица 1

Структура деформаций стоп до лечения

Вид деформации	Кол-во
Эквинополорусная	14 (10,3%)
Полорусная	3 (2,2%)
Плосковальгусная	62 (45,6%)
Эквиноплосковальгусная	43 (31,6%)
Пяточновальгусная	14 (10,3%)

Пациентам выполнялась рентгенография стоп в боковой и прямой проекциях при нагрузке.

Помимо клинических и рентгенологических методов исследования производилась количественная оценка некоторых параметров ходьбы по эдинбургской шкале (Edinburgh Gait Score) [22]. Классификация типов походки у пациентов, способных к самостоятельному вертикальному передвижению, производилась по шкале J. Rodda с соавторами [8]. Уровень двигательной активности оценивали по GMFCS и FMS (Functional Mobility Scale).

Всем пациентам выполнены одномоментные многоуровневые вмешательства на оперированной конечности в сочетании с корригирующей и стабилизирующей операцией на стопе в объеме трехсуставного артродеза. Многоуровневые ортопедические вмешательства выполнялись в соответствии с принятым в нашей клинике алгоритмом [23, 24]. В этой серии было выполнено в среднем 4,6 хирургических элемента за операцию. Варианты вмешательств на сухожильно-мышечном аппарате голени и стопы при трехсуставном артродезе представлены в таблице 2.

Таблица 2

Операции на сухожильно-мышечном аппарате голени и стопы с выполнением трехсуставного артродеза

Процедура	Кол-во стоп
Апоневротомия икроножных мышц, ахиллопластика, плантотомия	48
Релиз, удлинение сухожилий перонеальной группы	22
Релиз задней большеберцовой мышцы, капсулотомия таранно-ладьевидного сустава	10
Удлинение сухожилий сгибателей или разгибателей пальцев стопы	42
Трансфер короткой малоберцовой мышцы на пяточную кость	14

Трехсуставной артродез выполнялся через классический латеральный доступ в области заднего отдела стопы [25]. Однако в нашей работе диссекция мягких тканей была выполнена особым образом, чтобы уменьшить их натяжение при последующем ушивании раны после одномоментной коррекции выраженной деформации стопы (рис. 1):

- 1) разрез кожи был не прямой, а дугообразный;
- 2) *retinaculum mm. extensorum inferius* мобилизуется с короткого разгибателя пальцев и рассекается не Н-образно, а П-образно с основанием,

обращенным кзади (образуется несвободный смещаемый лоскут с широким основанием);

3) *m. extensor digitorum brevis* также П-образно мобилизуется и отделяется с поверхности пяточной кости, при этом основание этого мышечного лоскута является дистальным. Оба эти лоскута при ушивании раны легко сближаются и соединяются край-в-край без натяжения, заполняя пространство послеоперационной раны.

После срезания суставного хряща субхондральные костные элементы подрабатывались с учетом деформации стопы (рис. 2).

Основным вариантом фиксации заинтересованных костей стопы являлся погружной остеосинтез: эластичные резьбовые спицы диаметром 3,0 и 4,0 мм, компрессирующие винты 4,0 и 6,5 мм в диаметре, материал остеосинтеза — титан. Резьбовые спицы, фиксирующие средний отдел стопы, проводили через открытые доступы в первом и четвертом межпальцевых промежутках.

Чтобы оценить возможное негативное влияние данных манипуляций на мягкие ткани стопы, было проведено исследование кровоснабжения мягко-

тканых структур в области оперативного вмешательства с помощью лазерной и высокочастотной доплеровской флоуметрии до и после выполнения всех этапов операции.

В операционной было проведено исследование микроциркуляции тканей стопы: кожи, подкожно-жировой клетчатки, мышечной ткани у 21 больного ЦП с деформацией стоп в возрасте от 13 до 23 лет ($15,4 \pm 1,0$ лет). Оценивали капиллярный кровоток (мл/мин \times 100 г ткани) методом лазерной доплеровской флоуметрии (BLF-21, Transonic Systems, USA) с использованием накожного датчика. Регистрацию кровотока (три измерения в каждой точке) производили до начала операции, после маркировки областей измерения (1-6 точки) (см. рис. 1а) и после выполнения всех этапов операции, снятия жгута и наложения швов (через $15,3 \pm 1,7$ мин, от 8 до 25 минут после снятия жгута).

Кроме того, в область исследования попадали подкожно-жировая клетчатка, *retinaculum mm. extensorum inferior*, *m. extensor digitorum brevis*. Регистрацию микроциркуляторного кровотока

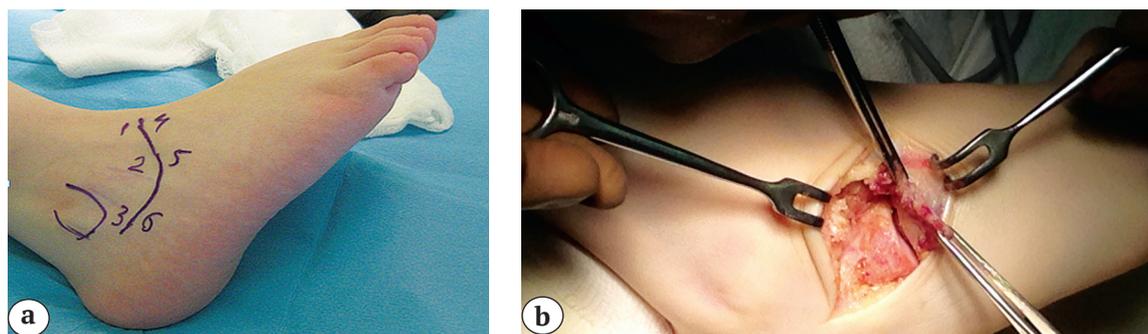


Рис. 1. Доступ и диссекция мягких тканей при трехсуставном артродезе у больных с ЦП: а — линия разреза, маркировка области измерения; б — вид раны на этапе диссекции

Fig. 1. Approach and dissection of soft tissues during triple arthrodesis in patients with CP: а — incision, marking of the measurement area; б — wound during dissection

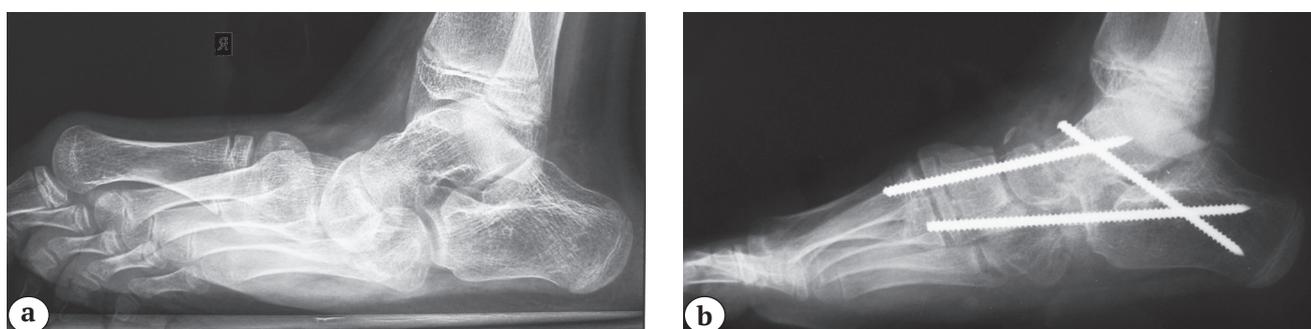


Рис. 2. Рентгенография стопы пациента 13 лет: а — до лечения (многоплоскостная деформация стопы с выраженной вертикализацией таранной кости); б — экономная подработка и создание контакта между костными фрагментами

Fig. 2. X-ray images of patient 13 y.o.: а — before treatment (complex foot deformity with talus verticalization); б — thrifty resection of bones and creation of contact between bone fragments

этих структур производили с помощью высокочастотной ультразвуковой доплерографии (доплерограф «Минимакс-Доплер-К» (Минимакс, Санкт-Петербург) с применением интраоперационного датчика 20 мГц в режиме исследования микроциркуляции и перфузии мелких кровеносных сосудов.

После операции в течение 2–3 дней производилась фиксация оперированной конечности гипсовой лонгетой, выполнялись перевязки и осмотры ран. Затем выполняли циркулярную гипсовую иммобилизацию конечности от средней трети бедра до пальцев стопы в течение 6–8 нед. в зависимости от объема всего многоуровневого вмешательства. Постепенно возрастающая нагрузка на оперированную конечность разрешалась через 2 нед. после операции. Операции на каждой конечности выполнялись с перерывом в 3–4 нед. (в среднем — 25,4±3,1 дня).

Эффективность лечения определяли по результатам ортопедического и неврологического осмотров больного. Способность к передвижению проводили при помощи опросника Gillette [26]. Оценку клинического результата вмешательства на стопе производили с использованием критериев, предложенных P.D. Angus и Cowell H.R. [27].

Статистический анализ

Статистическая обработка проводилась в программе Microsoft Office Excel (2010) с надстройкой AtteStat и SPSS 18.0. Для оценки значимости раз-

личия средних использовали парные критерии Стьюдента и Манна – Уитни.

Результаты

Отдаленные результаты лечения оценены в среднем через 19 мес. (от 15 до 42 мес.) у 57 пациентов (76,0%). Согласно критериям P.D. Angus и H.R. Cowell (1986), в отдаленном периоде наблюдения хорошие результаты лечения отмечены у 38 пациентов (66,7%), удовлетворительные — у 19 больных (33,3%), которые периодически жаловались на умеренный болевой синдром в стопах после длительной ходьбы. Неудовлетворительных результатов не было. В результате анализа походки в отдаленном периоде наблюдения было выявлено улучшение большинства параметров опорной и неопорной фаз шага у пациентов с использованием или без использования дополнительных средств опоры. Динамика рентгенологических параметров многокомпонентной деформации стопы с супинационным компонентом отражена в таблице 3.

Изменения рентгенологических параметров при вальгусной деформации стопы представлены в таблице 4.

Согласно опроснику Gillette, функциональные возможности улучшились на один уровень у 29 пациентов (50,9%), на 2 уровня — у 2 (3,5%) пациентов, отсутствовало увеличение функциональных способностей — у 26 (45,6%).

Таблица 3

Динамика рентгенологических изменений стоп с варусным компонентом (n = 17)

Исследуемый угол между костями стопы	До лечения, град.	После лечения, град.	Изменения		Норма, град.
			абс., град.	отн., %	
Прямая проекция					
Таранно-пяточный	34,5	15,9	18,6	53,9	15–25
Суммарного приведения	66,74	15,3	51,44	77,1	28–30
Угол между I и V плюсневыми костями	31,76	20,4	11,36	35,8	28–30
Плюсне-фаланговый	10,9	3,9	7,0	64,2	10–15
Боковая проекция					
Большеберцово-таранный	116,55	103,5	13,05	11,2	100–105
Большеберцово-пяточный	67,41	76,7	9,29	12,1	75–80
Таранно-пяточный	35,49	30,5	4,99	14,1	20–30
Угол свода стопы	119,2	125,78	6,58	5,2	125–130
Угол Meary (между таранной и I плюсневой костями)	33,58	4,33	29,25	87,11	0–5

Таблица 4

Динамика рентгенологических параметров стопы с вальгусным компонентом деформации стопы (n = 119)

Исследуемый угол между осями теней костей стопы	До лечения, град.	После лечения, град.	Изменения		Норма, град.
			абс., град.	отн., %	
Прямая проекция					
Таранно-пяточный	27,6	17,3	10,3	37,32	15–25
Суммарного отведения	15,3	5,1	10,2	66,7	0–7
Угол между I и V плюсневыми костями	24,6	25,19	0,59	2,34	28–30
Плюсне-фаланговый	33,4	11,02	22,38	66,5	10–15
Боковая проекция					
Большеберцово-таранный	122,9	106,71	16,19	13,17	100–105
Большеберцово-пяточный	67,17	73,1	5,93	8,11	75–80
Таранно-пяточный	56,52	28,96	27,56	48,76	20–30
Угол свода	168,4	136,47	31,93	18,96	125–130
Угол Meary (между таранной и I плюсневой костями)	38,59	2,43	36,16	93,7	0–5

Клинический пример

Пациентка 15 лет, GMFCS III, MACS I, FMS 5,2,2, IV тип походки по Rodda. Выполнено многоуровневое оперативное пособие, включающее удлинение hamstring группы, низведение надколенников и трехсуставной артрорез стоп с использованием эластичных резьбовых спиц (рис. 3). Через 20 мес. на контрольном амбулаторном приеме пациентка жалоб не предъявляла,

объем движений в коленных и голеностопных суставах определен как полный, наличие инородных тел в стопах не доставляло дискомфорта. При длительной ходьбе пациентка отмечала незначительные боли в стопах, напряжение в икроножных мышцах. Согласно опроснику Gillette функциональные возможности у пациентки увеличились на один уровень.

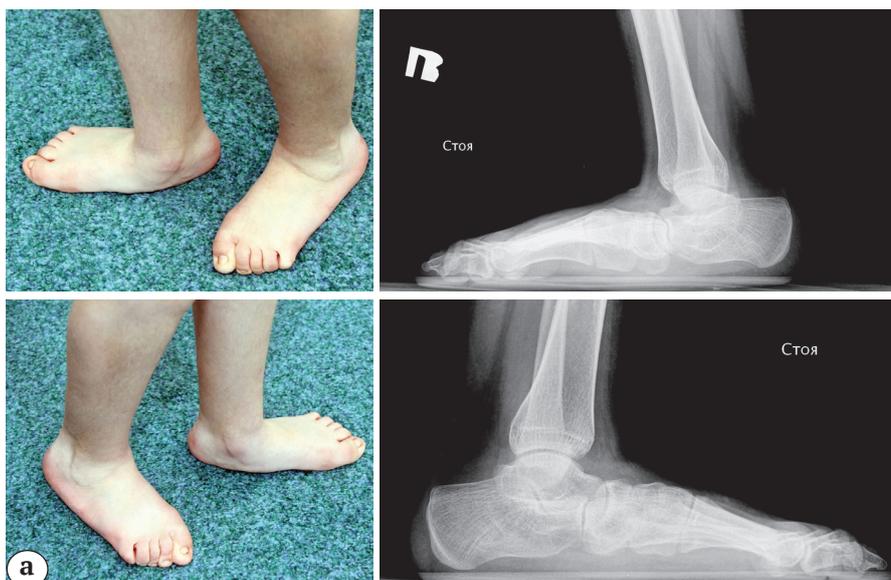


Рис. 3 (а). Фото и рентгенограммы стоп пациентки 15 лет: а — до лечения отмечалась плосковальгусная деформация стоп

Fig. 3 (a). Image and X-ray of patient of 15 y.o.: а — planovalgus feet deformity before treatment



Рис. 3 (b). Фото и рентгенограммы стоп пациентки:

b — через 20 мес. после лечения: нормальное положение стоп, контакт по зоне подтаранного и шопарова суставов, состояние остеосинтеза костей стоп резьбовыми спицами

Fig. 3 (b). Image and X-ray of patient:

b — follow-up in 20 months after surgery (normal feet position, contact between bones of subtalar and Chopart joint, internal fixation with threaded wires)

Послеоперационные осложнения наблюдались у 15 больных (20%). У 5 пациентов наблюдалась вялогранулирующая рана, что составило 6,7% от всего числа пролеченных больных данной группы. Это осложнение было устранено в процессе лечения (своевременное выполнение перевязок) и не повлияло на его окончательный результат. У 10 больных (13,3%) была отмечена поломка резьбовых спиц.

У всех больных на амбулаторном осмотре через 6 месяцев была констатирована консолидация и перестройка заинтересованных костей. Случаев несращения не было. Удаление резьбовых спиц и винтов произвели в плановом порядке у 48 (64%) пациентов. Это было обусловлено как желанием пациента (или родителей ребенка) удалить металлоконструкции, так и болезненными ощущениями в области резьбовой спицы в результате поломки и подвижности ее дистального фрагмента вне зоны артродезирования у 10 (13,3%) больных, что мы также отнесли к осложнениям первичного вмешательства. При поломке спицы производили удаление только дистального ее фрагмента. Явления остеоартроза (особенно у взрослых пациентов) смежных суставов стопы в данной серии больных оставались на исходном уровне, и мы не отметили их прогрессирования в периоде наблюдения.

Исследование микроциркуляции мягких тканей в области оперативного вмешательства показало, что до операции показатели кожного капиллярного кровотока статистически значимо не различались в различных точках измерения. После выполнения всех этапов операции, снятия жгута и наложения швов капиллярный кожный кровоток имел тенденцию к увеличению во всех зонах измерения (табл. 5). Индивидуальный подход к анализу реакций кровотока показал, что в различных точках измерения наблюдалось выраженное увеличение кровотока в 45,5–72,7% случаев. В точках 1, 4 и 5 кровоток увеличился в 4–6 раз ($p < 0,05$).

Исследование микроциркуляторного кровотока подкожно-жировой клетчатки и мышечной ткани определило отсутствие направленной динамики или тенденции (табл. 6). Показатели кровотока после выполнения всех этапов операции и снятия жгута значимо не отличались от дооперационного уровня.

Индивидуальный подход к анализу результатов исследования микроциркуляторного кровотока этих структур показал, что в различных точках измерения наблюдалось увеличение кровотока в 18–55% случаев. Значимый рост на 40–80% ($p < 0,05$) наблюдался в точках 1, 5 и 6 (табл. 7).

Таблица 5

Показатели кожного капиллярного кровотока стопы до и после выполнения всех этапов операции (M±m, n = 21)

Область исследования	Капиллярный кожный кровоток (мл/мин × 100 г)					
	до операции			после выполнения всех этапов операции, снятия жгута и наложения швов		
	измерение 1	измерение 2	измерение 3	измерение 1	измерение 2	измерение 3
Точка 1	7,7±2,9	7,7±2,9	7,7±3,1	11,9±2,7	11,8±2,7	11,6±2,6
Точка 2	6,3±1,5	6,1±1,4	6,3±1,5	8,1±2,7	7,7±2,4	8,2±2,7
Точка 3	7,4±2,5	7,3±2,5	7,4±2,5	10,1±4,9	10,3±5,0	10,3±5,1
Точка 4	7,4±3,2	7,4±3,2	6,8±2,5	12,2±3,7	12,1±3,9	11,6±3,4
Точка 5	7,0±1,9	6,9±1,9	6,9±1,9	11,2±3,4	11,6±3,5	11,2±3,4
Точка 6	9,0±1,9	9,1±2,0	9,1±2,0	14,0±4,0	14,4±4,0	13,7±3,7

Таблица 6

Показатели микроциркуляторного кровотока тканей стопы до и после выполнения этапов операции (M±m, n = 21)

Область исследования	Показатели кровотока							
	до выполнения всех этапов операции				после выполнения всех этапов операции и снятия жгута			
	Vs (см/сек)	Vm (см/сек)	Vd (см/сек)	Qs (мл/мин)	Vs (см/сек)	Vm (см/сек)	Vd (см/сек)	Qs (мл/мин)
Точка 1 (подкожно-жировая клетчатка)	8,8±0,7	4,5±0,4	1,8±0,3	4,2±0,3	9,5±0,9	4,6±0,6	1,9±0,3	4,2±0,3
Точка 2 (подкожно-жировая клетчатка)	9,5±0,9	5,0±0,6	1,7±0,2	4,1±0,5	8,1±0,8	3,7±0,4	1,4±0,3	3,8±0,4
Точка 3 (подкожно-жировая клетчатка)	8,2±0,9	3,9±0,5	1,4±0,2	3,9±0,4	7,7±0,8	3,6±0,6	1,6±0,5	3,6±0,4
Точка 4 (мышечная ткань)	8,0±0,6	4,4±0,4	1,9±0,3	4,0±0,3	8,4±0,7	4,7±0,4	2,1±0,4	4,1±0,3
Точка 5 (мышечная ткань)	8,7±1,0	4,8±0,7	2,1±0,5	4,2±0,5	9,0±0,8	4,4±0,6	1,9±0,3	4,3±0,4
Точка 6 (мышечная ткань)	7,6±0,9	4,0±0,7	1,8±0,5	3,6±0,5	8,0±0,8	3,3±0,6	1,4±0,4	3,8±0,3

Vs — максимальная систолическая скорость; Qs — объемная скорость; Vm — средняя скорость); PI — индекс пульсации (Гослинга); RI — индекс сопротивления (Пурсело).

Показатели микроциркуляторного кровотока тканей стопы при положительной динамике ($M \pm m$)

Область исследования	Показатели кровотока							
	до выполнения всех этапов операции				после выполнения всех этапов операции и снятия жгута			
	Vs (см/сек)	Vm (см/сек)	Vd (см/сек)	Qs (мл/мин)	Vs (см/сек)	Vm (см/сек)	Vd (см/сек)	Qs (мл/мин)
Точка 1 (подкожно-жировая клетчатка)	7,6±0,7	4,1±0,5	1,3±0,2	3,6±0,3	10,6±1,2*	6,9±0,7*	2,8±0,5*	4,5±0,5
Точка 2 (подкожно-жировая клетчатка)	6,4±1,0	3,1±0,5	1,2±0,3	2,5±0,6	8,0±0,5	4,1±0,6	2,4±0,3	4,1±0,3
Точка 3 (подкожно-жировая клетчатка)	6,7±0,5	3,2±1,0	–	2,7±0,3	6,8±0,8	4,9±1,1	–	3,3±0,8
Точка 4 (мышечная ткань)	6,7±0,8	3,3±0,6	1,2±0,2	3,3±0,5	9,1±1,1	5,1±0,8	2,8±0,8	4,5±0,6
Точка 5 (мышечная ткань)	6,7±1,2	3,2±0,4	1,2±0,3	3,4±0,6	9,6±0,7*	4,6 ±1,1	1,96±0,4	4,7±0,4
Точка 6 (мышечная ткань)	5,0±0,4	2,7±0,6	0,9±0,2	2,4±0,2	7,1±0,9*	3,7±0,8	1,5±0,7	3,6±0,5*

* — статистическая значимость отличия от исходного уровня, $p < 0,05$.

Обсуждение

Подход к оперативному лечению ортопедических осложнений ЦП заключается в выполнении многоуровневых одномоментных оперативных вмешательств [1, 8, 14, 23, 24, 29, 30]. В нашей серии 119 (87,5%) стоп имели вальгусную девиацию.

В литературе имеются известные публикации, в которых описаны отдаленные результаты (более 25 лет) различных методик коррекции вальгусной и плосковальгусной деформаций стопы [4, 5, 13, 31–34]. Некоторые авторы описывают рецидивы деформации до 25% после оперативного вмешательства [13,14]. Мы считаем, что у пациентов старше 12 лет с ЦП при ригидных болезненных многокомпонентных деформациях стоп и явлениях остеоартроза 2–3 степени рациональнее выполнять трехсуставной артродез. Так же полагают и ряд наших коллег, пациенты которых удовлетворены результатом лечения в 79–95% случаев [6, 9–11, 18, 28 35].

Деформации стоп у подростков и взрослых манифестируют болевым синдромом, изменением мягких тканей в области давления костных элементов и являются одной из причин потери активного самостоятельного передвижения. Несомненно, при одномоментной коррекции сложных деформаций стопы возникает риск нарушения трофики

мягких тканей в области послеоперационной раны и сегмента в целом. В нашей работе было проведено исследование микроциркуляции мягких тканей в области оперативного вмешательства (кожи, подкожно-жировой клетчатки, мышечной ткани) до и после выполнения всех этапов операции и снятия жгута и наложения швов (кожа). Анализ результатов показал, что, несмотря на достаточно большую величину одномоментной коррекции деформации стопы, отсутствует снижение показателей микроциркуляторного кровотока кожи, мышц и подкожно-жировой клетчатки стопы. Наблюдается либо стабилизация, либо увеличение перфузии этих структур. Этот факт свидетельствует о щадящем характере оперативного воздействия и наличии условий для более ранней, чем у других исследователей нагрузки на конечность (через 2 нед. после операции с дополнительными средствами опоры) [2, 9, 15].

По мнению некоторых авторов, трехсуставной артродез стопы особенно показан при нейромышечном дисбалансе [36]. Артродезирующие операции можно выполнять после окончания активного роста костей стопы [10, 11, 28]. Мы выполнили двусторонний корригирующий трехсуставной артродез у пациента с незакрытыми зонами роста (11 лет 8 мес.), но не получили отрицательных

последствий. Вмешательство у этого пациента было обусловлено необходимостью коррекции и стабилизации многокомпонентной деформации стопы.

В сравнении с работами наших коллег, которые исключают нагрузку на оперированную стопу при трехсуставном артродезе в течение 1,5–2 мес. [2, 9, 15], что доставляет ряд неудобств и ограничений, в том числе психологических, мы рекомендуем вертикализацию с постепенно возрастающей нагрузкой на оперированный сегмент через 2 нед. после операции с дополнительными средствами опоры. Потери результата, случаев несращения в исследуемой группе больных при данном подходе зафиксировано не было.

При выполнении трехсуставного артродеза стопы наиболее частым осложнением является отсутствие сращения в зоне одного или нескольких суставов после данной операции. Так, у детей частота несращения составляет до 23% [6, 10, 12, 15, 25, 29], у взрослых — до 46% [16, 29, 34, 37]. При этом почти у 40% больных манифестирует это болью в стопе [15]. Например, по данным исследования I.V. de Groot с соавторами было отмечено 19% несращений, что потребовало последующей ревизии [36]. В нашей работе на амбулаторном осмотре через 6 мес. были констатированы консолидация и перестройка заинтересованных костей во всех случаях, как у детей, так и взрослых. Мы не оставляли диастаза между костями. Если было необходимо, то использовали локальный забор фрагмента кости из области вмешательства на стопе для создания плотного контакта.

В исследовании M. Vlachou и D. Dimitriadis была выявлена глубокая инфекция стопы после трехсуставного артродеза у 2 (3,85%) пациентов. Инфекционных осложнений не отмечено. Однако при одномоментной коррекции тяжелых деформаций у 5 пациентов мы наблюдали вялогранулирующую основную рану стопы, что не повлияла на окончательный результат лечения. Этот факт связан с определенным натяжением мягких тканей при одномоментной коррекции выраженной деформации стопы [15].

По данным литературы, болевые ощущения в послеоперационном периоде отмечались в 20–57% случаев [6, 15, 17, 28]. В нашем исследовании в отдаленном периоде наблюдения были отмечены умеренные боли в стопах после ходьбы у 19 (33,3%) больных.

C.L. Salzman с соавторами выявили в отдаленном периоде наблюдения (более 25 лет) артроз голеностопного сустава у 45% пациентов после выполнения трехсуставного артродеза [34], S.K. Trehan — в 11,5% случаев [6], P.D. Angus — более чем в 50% [27].

На момент амбулаторного контроля в самый отдаленный период (42 мес.) у пациентов в нашем

исследовании не было замечено прогрессирующая дегенеративных процессов в голеностопном суставе.

Заключение

Мы считаем, что использование трехсуставного артродеза стопы в рамках многоуровневого ортопедического лечения больных ЦП с учетом возраста, выраженности основного заболевания пациента, деформации и дегенеративных изменений сегмента является рациональным подходом, при котором не страдает трофика мягкотканых структур сегмента. Метод трехсуставного артродеза стопы позволяет восстановить и стабилизировать правильные взаимоотношения между костными элементами, восстановить опороспособность конечности, что в комплексе позволяет улучшить функциональные возможности и минимизировать риск рецидива деформации. Мы рекомендуем выполнять данную операцию пациентам старше 12 лет с остеоартрозом стопы 2–3 ст., используя предложенный нами способ диссекции мягких тканей. Несмотря на достаточно большую величину одномоментной коррекции деформации стопы, отсутствует снижение показателей микроциркуляторного кровотока мягких тканей в области оперативного вмешательства (кожи, мышц и подкожно-жировой клетчатки стопы) после выполнения всех этапов операции.

Этика публикации: пациент дал добровольное информированное согласие на публикацию клинического наблюдения.

Конфликта интересов: не заявлен.

Источник финансирования: выполнено по государственному заданию на 2018–2020 гг. (тема № 6).

Литература [References]

1. Miller F. Foot and ankle procedures. In: Miller F. (ed). *Cerebral palsy*. New York: Springer-Verlag; 2004. p. 979–1023.
2. de Coulon G., Turcot K., Canavese F., Dayer R., Kaelin A., Ceroni D. Talonavicular arthrodesis for the treatment of neurological flat foot deformity in pediatric patients: clinical and radiographic evaluation of 29 feet. *J Pediatr Orthop*. 2011;31:557–563. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31821fffa0.
3. Lankosz W., Jurkowski J., Zarzycki D., Koniarski A. Triple tarsal arthrodesis in the treatment of spastic foot in cerebral palsy. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2002;4(1):30–32.
4. Yoo W.J., Chung C.Y., Choi I.H., Cho T.J., Kim D.H. Calcaneal lengthening for the planovalgus foot deformity in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 2005;25(6):781–785.
5. Sung K.H., Chung C.Y., Lee K.M., Lee S.Y., Park M.S. Calcaneal lengthening for planovalgus foot deformity in patients with cerebral palsy. *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(5):1682–1690. DOI: 10.1007/s11999-012-2709-5.

6. Trehan S.K., Ihekweazu U.N., Root L. Long-term outcomes of triple arthrodesis in cerebral palsy patients. *J Pediatr Orthop.* 2015;35(7):751-755. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000361.
7. Gage J.R., Schwartz M.L. Pathological gait and lever-arm dysfunction. In: Gage J.R. (ed). *The treatment of gait problems in cerebral palsy.* London: Mac Keith Press, 2004. p. 197.
8. Rodda J.M., Graham H.K., Nattrass G.R., Galea M.P., Baker R., Wolfe R. Correction of severe crouch gait in patients with spastic diplegia with use of multilevel orthopaedic surgery. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(12):2653-2664.
9. Вавилов М.А., Бландинский В.Ф., Громов И.В., Баушев М.А., Платонов С.М. Артодезирующие операции у детей старше 10 лет с деформациями стоп различной этиологии. *Гений ортопедии.* 2016;3:35-38. DOI: 10.18019/1028-4427-2016-3-35-38
Vavilov M.A., Blandinskii V.F., Gromov I.V., Baushev M.A., Platonov S.M. [Arthrodesing surgeries in children above 10 years of age with feet deformities of various etiologies]. *Genij Ortopedii [Orthopaedic Genius].* 2016;3:35-38. (In Russ.). DOI: 10.18019/1028-4427-2016-3-35-38
10. Herring J.A. Disorders of the foot. In: Herring J.A. (ed.) *Tachdjian's pediatric orthopaedics: from the Texas Scottish Rite Hospital for Children.* 5th ed. Philadelphia: WB Saunders, 2014. Vol 2. p. 761-883.
11. Horstmann H.M., Bleck E.E. *Orthopaedic management in cerebral palsy.* 2nd ed. London: Wiley Blackwell, 2007. 425 p.
12. Turriago C.A., Arbeláez M.F., Becerra L.C. Talonavicular joint arthrodesis for the treatment of pes planus valgus in older children and adolescents with cerebral palsy. *J Child Orthop.* 2009;3(3):179-183. DOI: 10.1007/s11832-009-0168-7.
13. Ettl V., Wollmerstedt N., Kirschner S. et al. Calcaneal lengthening for planovalgus deformity in children with cerebral palsy. *Foot Ankle Int.* 2009;30(5):398-404. DOI: 10.3113/FAI.2009.0398.
14. Andreacchio A., Orellana C.A., Miller F., Bowen T.R. Lateral column lengthening as treatment for planovalgus foot deformity in ambulatory children with spastic cerebral palsy. *J Pediatr Orthop.* 2000;20(4):501-505.
15. Vlachou M., Dimitriadis D. Results of triple arthrodesis in children and adolescents. *Acta Orthop Belg.* 2009; 75(3):380-388.
16. Smith R.W., Shen W., Dewitt S., Reischl S.F. Triple arthrodesis in adults with non-paralytic disease. A minimum tenyear follow-up study. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A(12):2707-2713.
17. Adams S.B. Jr, Simpson A.W., Pugh L.I., Stasikelis P.J. Calcaneocuboid joint subluxation after calcaneal lengthening for planovalgus foot deformity in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop.* 2009;29(2):170-174. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181982c33.
18. Odgaard F.J., Jensen, C.M., Torholm, C. Triple arthrodesis: internal fixation with staples. *Foot Ankle Surg.* 2001;7:31-37.
19. Насретдинова С.М., Шарипов Р. А., Латыпов А.М., Павлов В.Н., Садритдинов М.А., Лешкова В.Е. Оценка анестезиологического обеспечения комбинированных операций в урологии. *Медицинский вестник Башкортостана.* 2011;6(2):362-364.
Nasretdinova S.M., Sharipov R.A., Latypov A.M., Pavlov V.N., Sadritdinov M.A., Leshkova V.Y. [Assessment of anesthetic management in combined urological operations]. *Meditsinskiy vestnik Bashkortostana [Bashkortostan Medical Journal].* 2011;6(2):362-364. (In Russ.).
20. Бокерия Л.А., Сигаев И.Ю., Морозов К.М., Вольгушев В.Е., Пузенко Д.В., Гирина М.Б. Интраоперационная оценка миокардиального кровотока. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция.* 2007;1(21):31-34.
Bokeriya L.A., Sigaev I.Yu., Morozov K.M., Volgushev V.E., Puzenko D.V., Girina M.B. [Intraoperative evaluation of myocardial blood flow]. *Regionalnoe krovoobrashtchenie i mikrocirkulyaciya [Regional blood circulation and microcirculation].* 2007;1(21):31-34. (In Russ.).
21. Rosenbaum P.L., Palisano R.J., Bartlett D.J., Galuppi B.E., Russell D.J. Development of the gross motor function classification system for cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2008;50(4):249-253. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2008.02045.x.
22. Read H., Hazlewood M., Hillman S., Prescott R., Robb J. Edinburgh visual gait score for use in cerebral palsy. *J Pediatr Orthop.* 2003;23(3):296-301.
23. Tomov A., Bidjamshin R., Evreinov V., Leonchuk S., Popkov D. Results of single-event multilevel orthopedic surgery in children with cerebral palsy. *Adv Pediatr Res.* 2015;2:25. DOI:10.12715/apr.2015.2.25.
24. Попков Д.А., Змановская В.А., Губина Е.Б., Леончук С.С., Буторина М.Н., Павлова О.Л. Результаты многоуровневых одномоментных ортопедических операций и ранней реабилитации в комплексе с ботулинотерапией у пациентов со спастическими формами церебрального паралича. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2015;115(4): 41-48.
Popkov D.A., Zmanovskaya V.A., Gubina E.B., Leonchuk S.S., Butorina M.N., Pavlova O.L. [The results of single-event multilevel orthopedic surgeries and the early rehabilitation used in complex with botulinum toxin treatment in patients with spastic forms of cerebral palsy]. *Zhurnal neurologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova [S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry].* 2015;115(4):41-48. (In Russ.).
25. Ryerson E.W. Arthrodesing operations on the feet. *J Bone Joint Surg.* 1923;5:453-471.
26. Novacheck T.F., Stout J.L., Tervo R. Reliability and validity of the Gillette functional assessment questionnaire as an outcome measure in children with walking disabilities. *J Pediatr Orthop.* 2000;20(1):75-81.
27. Angus P.D., Cowell H.R. Triple arthrodesis. A critical longterm review. *J Bone Joint Surg.* 1986;68(2):260-265.
28. Umeda K., Fucs P.M.M.B., Yamada H.H., Assumpção R.M.C., Svartman C. Triple arthrodesis in cerebral palsy. *Acta Ortop Bras.* 2010;18(5):261-270.
29. Aiona M.D., Sussman M.D. Treatment of spastic diplegia in patients with cerebral palsy: part II. *J Pediatr Orthop B.* 2004;13(3):13-38.
30. Thompson N., Stebbins J., Seniorou M., Wainwright A.M., Newham D.J., Theologis T.N. The use of minimally invasive techniques in multi-level surgery for children with cerebral palsy: preliminary results. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92(10):1442-1448. DOI: 10.1302/0301-620X.92B10.24307.
31. Mosca V.S. Calcaneal lengthening for valgus deformity of the hind foot: results in children who had severe, symptomatic flatfoot and skewfoot. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77(4):500-512.
32. Grice D.S. An extra-articular arthrodesis of the subastragalar joint for correction of paralytic flat feet in children. *J Bone Joint Surg Am.* 1952;34 A(4):927-940.
33. Rathjen K.E., Mubarak S.J. Calcaneal-cuboid-cuneiform osteotomy for the correction of valgus foot deformities in children. *J Pediatr Orthop.* 1998;18(6):775-782.

34. Salzman C.L., Fehrle M.J., Cooper R.R., Spencer E.C., Ponseti I.V. Triple arthrodesis: twenty-five and forty-four-year average follow-up of the same patients. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81(10):1391-1402.
35. Шевцов В.И., Долганова Т.И., Сазонова Н.В., Меньшикова И.А. Диагностическая значимость подографии у больных с гонартрозом. *Вестник Российской академии медицинских наук.* 2009;6:32-36. Shevtsov V.I., Dolganova T.I., Sazonova N.V., Menschikova I.A. [Diagnostic significance of podography in patients with gonarthrosis]. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk* [Annals of the Russian Academy of Medical Sciences]. 2009;6:32-36. (In Russ.).
36. de Groot I.B., Reijman M., Luning H.A., Verhaar J.A. Long-term results after a triple arthrodesis of the hindfoot: function and satisfaction in 36 patients. *Int Orthop.* 2008;32(2):237-241. DOI: 10.1007/s00264-006-0295-4.
37. Wicks E.D., Morscher M.A., Newton M., Steiner R.T., Weine D.S. Partial or non-union after triple arthrodesis in children: does it really matter? *J Child Orthop.* 2016;10(2):119-125. DOI: 10.1007/s11832-016-0730-z.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Леончук Сергей Сергеевич — канд. мед. наук, заведующий 6 травматолого-ортопедическим отделением, ФГБУ «Российский научный центр „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

Щурова Елена Николаевна — д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории коррекции деформации и удлинения конечностей, ФГБУ «Российский научный центр „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

Попков Дмитрий Арнольдович — д-р мед. наук, профессор РАН, руководитель клиники нейроортопедии, ФГБУ «Российский научный центр „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

Чибиров Георгий Мерабович — канд. мед. наук, младший научный сотрудник, врач травматолого-ортопедического отделения, ФГБУ «Российский научный центр „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

Бидямшин Рамиль Равкатович — аспирант, ФГБУ «Российский научный центр „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

Гатамов Орхан Ильхамович — клинический ординатор, ФГБУ «Российский научный центр „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Sergei S. Leonchuk — Cand. Sci. (Med.), head of the 6th Orthopedic Department, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Elena N. Shchurova — Dr. Sci. (Biol.), leading researcher, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Dmitrii A. Popkov — Dr. Sci. (Med.), professor of Russian Academy of Science, chief of Neuroorthopedic Division, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Georgii M. Chibirov — Cand. Sci. (Med.), researcher, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Ramil' R. Bidiamshin — postgraduate student, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Orkhan I. Gatamov — resident, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation