

УДК 616-009.11

DOI: 10.24884/1682-6655-2019-18-4-51-57

Е. Н. ШУРОВА, С. С. ЛЕОНЧУК, Д. А. ПОПКОВ

Исследование микроциркуляции мягких тканей в области оперативного вмешательства

до и после одномоментной коррекции многокомпонентных деформаций стоп у больных церебральным параличом

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. акад. Г. А. Илизарова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган, Россия

640014, Россия, г. Курган, ул. М. Ульяновой, д. 6

e-mail: elena.shurova@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 06.03.19; принята к печати 25.10.19

Резюме

Введение. Одномоментная коррекция тяжелых деформаций стоп может сопровождаться негативным влиянием на трофику прилежащих мягких тканей. Однако в литературе уделено мало внимания анализу кровоснабжения мягкотканых структур в области оперативного вмешательства при коррекции сложных деформаций стоп. **Цель** – исследовать состояние микроциркуляции мягких тканей (кожи, мышц, подкожно-жировой клетчатки) в области оперативного вмешательства до и после одномоментной коррекции многокомпонентных деформаций стоп за счет трехсуставного артротреза у больных церебральным параличом. **Материал и методы.** Работа основана на результатах исследования 21 больного церебральным параличом с многокомпонентными деформациями стоп. Всем пациентам выполнена одномоментная коррекция деформаций стоп с использованием погружного остеосинтеза. Было проведено исследование кровоснабжения мягких тканей (кожи, подкожно-жировой клетчатки, мышечной ткани) в области оперативного вмешательства с помощью лазерной и высокочастотной доплеровской флоуметрии до и после выполнения всех этапов операции на стопе. **Результаты.** Капиллярный кожный кровоток после выполнения всех этапов операции, снятия жгута и наложения швов имел тенденцию к увеличению во всех областях измерения, но достоверно увеличивался на тыльной поверхности стопы, в точках 1 (на 53,3 %, $p < 0,05$), 4 (на 69,0 %, $p < 0,05$) и в точке 6 (53,9 %, $p < 0,05$). Значения кровотока подкожно-жировой клетчатки и мышечной ткани после выполнения всех этапов операции и снятия жгута достоверно не отличались от дооперационного уровня. В отдаленном периоде наблюдения у обследуемых пациентов были определены хорошие клинические результаты в 81 % случаев, удовлетворительные – у 19 % больных, которые отмечали периодический умеренный болевой синдром в стопах после длительной ходьбы. Неудовлетворительных результатов не было. **Заключение.** У больных церебральным параличом после одномоментной коррекции многокомпонентных деформаций стоп за счет трехсуставного артротреза в области операционной раны отсутствует снижение показателей микроциркуляторного кровотока кожи, мышц и подкожно-жировой клетчатки. Наблюдается либо стабилизация, либо увеличение перфузии этих структур.

Ключевые слова: деформация стопы, мягкие ткани, кровоснабжение, трехсуставной артротрез, одномоментная коррекция

Для цитирования: Шурова Е. Н., Леончук С. С., Попков Д. А. Исследование микроциркуляции мягких тканей в области оперативного вмешательства до и после одномоментной коррекции многокомпонентных деформаций стоп у больных церебральным параличом. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2019;18(4):51–57. Doi: 10.24884/1682-6655-2019-18-4-51-57.

UDC 616-009.11

DOI: 10.24884/1682-6655-2019-18-4-51-57

Е. Н. SHCHUROVA, S. S. LEONCHUK, D. A. POPKOV

Study of soft tissue microcirculation in surgical intervention zone before and after single-stage correction of feet multicomponent deformities in patients with cerebral palsy

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

6 M. Ul'yanovoy street, Kurgan, Russia, 640014

e-mail: elena.shurova@mail.ru.

Received 06.03.19; accepted 25.10.19

Summary

Introduction. Simultaneous correction of severe deformities of the feet may be accompanied by a negative effect on the trophism of the adjacent soft tissues. However, the literature does not pay enough attention to the analysis of the blood supply to soft-tissue structures in the field of surgical intervention in the correction of complex deformities of the feet. The **aim** of the study is to investigate condition of soft tissues blood supply in the area of surgery before and after simultaneous correction of severe feet deformities by triple arthrodesis in patients with cerebral palsy. **Material and methods.** The article is based on the results of study of 21 cerebral palsy patients with multicomponent feet deformities. All patients underwent simultaneous correction of foot deformities with usage

of internal fixation. Patients were examined for the soft tissues blood supply (skin, subcutaneous fat, muscles) in the area of surgery using laser and high-frequency Doppler flowmetry before and after performing all phases of foot surgery. **Results.** Capillary skin blood flow after performing all stages of operation, removing tourniquet and suturing tended to increase in all areas of measurement, but significantly increased on the dorsum of the foot, at points 1 (by 53.3 %, $p < 0.05$), 4 (by 69.0 %, $p < 0.05$), and at point 6 (53.9 %, $p < 0.05$). Indicators of blood flow of subcutaneous fat and muscle tissue after performing all stages of operation and removal of tourniquet did not significantly differ from the preoperative level. In the long-term follow-up period, all examined patients showed good clinical results in 81 % of cases, satisfactory – in 19 % of patients who noted periodic moderate pain in the feet after a long walk. There were no unsatisfactory results. **Conclusion.** After simultaneous intraoperative correction of severe feet deformities by triple arthrodesis in the area of operative wound in patients with cerebral palsy, there is no decrease in the microcirculatory blood flow in soft tissues in the surgical intervention area. There is either stabilization or an increase in the perfusion of these structures.

Key words: foot deformity; soft tissues; blood supply; triple arthrodesis; occurred correction

For citation: Shchurova E. N., Leonchuk S. S., Popkov D. A. Study of soft tissue microcirculation in surgical intervention zone before and after single-stage correction of feet multicomponent deformities in patients with cerebral palsy. *Regional hemodynamics and microcirculation*. 2019;18(4):51–57. Doi: 10.24884/1682-6655-2019-18-4-51-57.

Введение

Деформации стоп являются наиболее частой ортопедической проблемой у пациентов с неврологическими заболеваниями, в том числе и при церебральном параличе (ЦП) [1]. У подростков и взрослых деформации стоп сопровождаются болевым синдромом, изменением мягких тканей в области давления костных элементов, сложностями в подборе обуви.

У пациентов с ЦП по медицинским показаниям используются ортопедические пособия для одномоментной интраоперационной коррекции деформаций стоп [2, 3]. Однако следует подчеркнуть, что при одномоментной коррекции многокомпонентных деформаций стоп может возникнуть риск нарушения трофики мягких тканей. В 4–6,7 % случаев развиваются негативные изменения в мягких тканях в области оперативного вмешательства, в том числе являя грануляция послеоперационной раны стопы [4, 5]. Какую роль в этом процессе может играть сосудистый фактор (изменение локального кровоснабжения мягких тканей)? Однако в литературе данному вопросу посвящены единичные сообщения [5]. Поэтому возникает необходимость тщательного анализа кровоснабжения мягкотканых структур в области оперативного вмешательства при коррекции сложных деформаций стоп.

Цель работы – исследовать состояние микроциркуляции мягких тканей (кожи, мышц, подкожно-жировой клетчатки) в области оперативного вмешательства до и после одномоментной коррекции многокомпонентных деформаций стоп за счет трехсуставного артродеза у больных церебральным параличом.

Материал и методы исследования

Работа основана на результатах исследования 21 больного церебральным параличом (спастическая форма) с многокомпонентными деформациями стоп. Возраст пациентов находился в диапазоне от 13 до 23 лет (в среднем – $15,4 \pm 1,0$ года). 14 больных были мужского пола, 7 – женского. Больные относились к II–IV функциональному уровню согласно Gross Motor Function Classification System (GMFCS). Все пациенты в данном исследовании имели выраженные артрозные изменения (2–3-й степени) среднего и заднего отделов стоп. У всех больных имелись многоплоскостные деформации стоп, среди которых преобладали деформации с вальгусной девиацией (18 больных). У 3 пациентов определялись

деформации с варусной девиацией стоп. Все обследуемые больные проходили комплексное предоперационное обследование, включая детальную рентгенометрию стопы согласно современным референтным линиям и углам сегмента [6].

Проведение данного исследования было одобрено Комитетом по этике (протокол № 2 от 17 мая 2015 г.). Оно осуществлялось в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (в ред. 2013 г.). Пациенты, достигшие 18 лет, а также родители детей или их законные представители подписали информированное добровольное согласие на проведение диагностических исследований и публикацию данных без идентификации личности.

Все пациенты в данном исследовании получали одномоментную коррекцию деформаций стоп за счет корригирующего трехсуставного артродеза. При наличии эквинусного компонента деформации стопы предварительно производили апоневротомии икроножных мышц голени вместо ахиллотомии. Трехсуставной артродез выполнялся через латеральный доступ в области заднего отдела стопы [7].

Во время операции на стопе выполнялась диссекция мягких тканей (рис. 1) с целью уменьшения их натяжения при ушивании раны после одномоментной коррекции многокомпонентной деформации сегмента: 1 – разрез кожи производили не прямой, а дугообразный; 2 – *retinaculum mm. extensorum inferius* мобилизовали с короткого разгибателя пальцев и рассекали П-образно, образуя несвободный смещаемый лоскут с широким основанием; 3 – *m. extensor digitorum brevis* также П-образно мобилизовали и отделяли от поверхности пяточной кости так, чтобы основание данного мышечного лоскута являлось дистальным. Оба выделенных лоскута при ушивании раны достаточно легко соединялись «край в край» без натяжения, перекрывая пространство послеоперационной раны.

После удаления суставного хряща на заинтересованных костях стопы выполняли моделирующую краевую резекцию с учетом деформации сегмента. Для остеосинтеза использовали эластичные титановые резьбовые спицы диаметром 3,0 и 4,0 мм и (или) компрессирующие винты 4,0 и 6,5 мм в диаметре (рис. 2).

Оценку клинического результата вмешательства на стопе производили с использованием критериев Angus – Cowell [9].

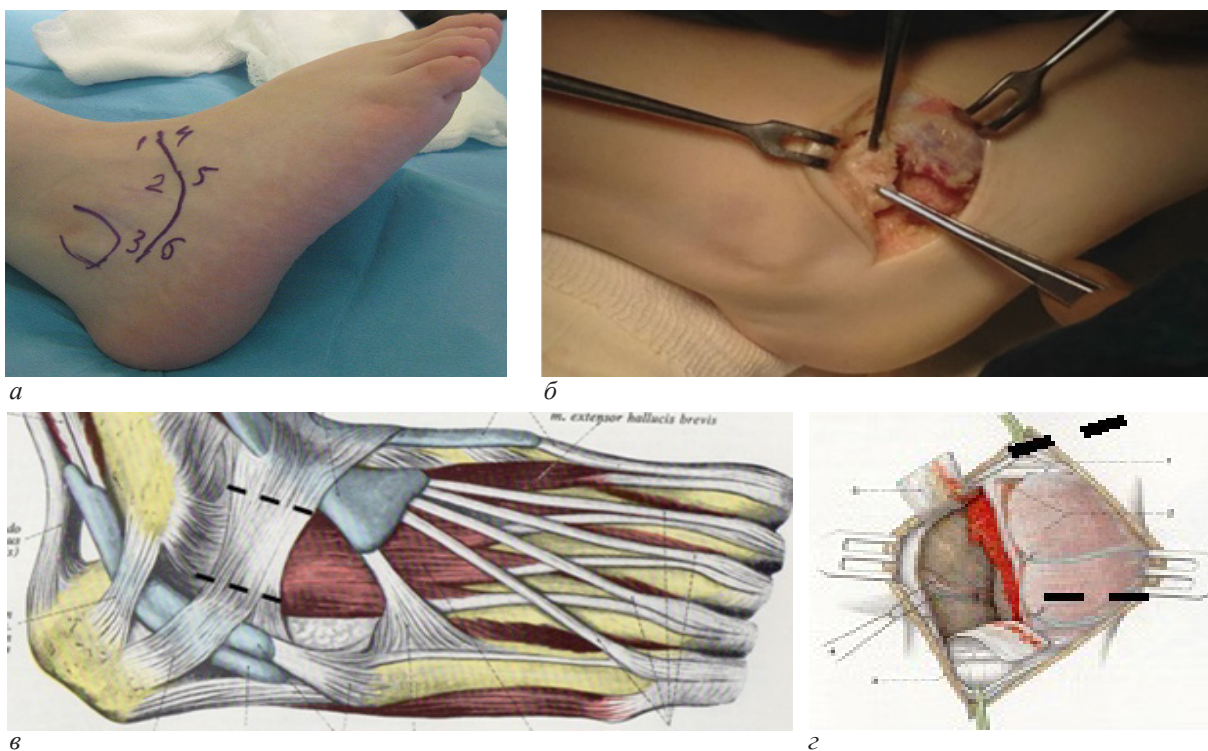


Рис. 1. Маркировка кожи, доступ и диссекция мягких тканей при трехсуставном артродезе стопы у больных ЦП: а – линия разреза, маркировка области измерения (указано стрелкой); б – вид раны на этапе диссекции; в – предложенная модернизированная схема, при которой *retinaculum mm. extensorum inferius* рассекается П-образно с основанием, обращенным кзади; г – предложенная модернизированная схема, при которой *m. extensor digitorum brevis* также П-образно мобилизуется и отделяется от пяточной кости (д, з – анатомические иллюстрации R. Bauer, F. Kerschbaumer, S. Poisel (1988) [8])

Fig. 1. Skin marking, soft tissue access and dissection for triple foot arthrodesis in patients with cerebral palsy (CP): а – cut line, marking the zone of measurement (arrow), б – wound at the stage of dissection, в – proposed modernized pattern when *retinaculum mm. extensorum inferius* is dissected in the U-shape way with the base facing bakward, г – proposed modernized pattern when *m. extensor digitorum brevis* is also U-shaped mobilized and separated from the calcaneus (д, з – anatomic illustrations by R. Bauer, F. Kerschbaumer, S. Poisel (1988) [8])



Рис. 2. Рентгенограммы пациента 13 лет с ЦП при наличии многокомпонентной деформации левой стопы. До лечения: а – прямая проекция стопы; б – боковая проекция стопы. После лечения: в – прямая проекция стопы (остеосинтез стопы резьбовыми спицами); г – боковая проекция стопы (контакт по зоне подтаранного и Шопарова суставов, состояние остеосинтеза стопы резьбовыми спицами и компрессирующим винтом)

Fig. 2. X-rays of 13-year-old patient with cerebral palsy and multicompartment left foot deformity. Before treatment: а – frontal foot view; б – lateral foot view. After treatment: в – frontal foot view (foot osteosynthesis using thread wires); г – lateral foot view (contact over the zone of the subtalar and Chopart joints, the condition of foot osteosynthesis using thread wires and compressing screw)

Таблица 1

Показатели кожного капиллярного кровотока стопы до начала оперативных манипуляций и после выполнения всех этапов операции, снятия жгута и наложения швов у больных с деформацией стоп вследствие церебрального паралича ($M \pm m$, $n=21$)

Table 1

Indicators of cutaneous capillary blood flow of the foot before the onset of operative manipulations and after performing all stages of the operation, removing the tourniquet and suturing in patients with foot deformation due to cerebral palsy ($M \pm m$, $n=21$)

Область исследования	Капиллярный кожный кровоток (мл/мин·100 г)		
	до операции	после выполнения всех этапов операции, снятия жгута и наложения швов	p
Точка 1	7,7±1,6	11,8±1,5*	0,027
Точка 2	6,2±1,8	8,0±1,5	0,830
Точка 3	7,4±1,4	10,3±2,8	0,668
Точка 4	7,1±1,7	12,0±2,1*	0,0021
Точка 5	6,9±1,1	11,4±2,0	0,129
Точка 6	9,1±1,1	14,0±2,2*	0,007

Примечание: использовали критерий Шапиро – Уилка для подтверждения или отклонения гипотезы нормальности распределения. При нормальном распределении для парных сравнений применяли t-критерий Стьюдента, в остальных случаях использовали непараметрические методы (для анализа различий между связанными выборками – критерий Вилкоксона); * – достоверность отличия от исходного уровня, $p < 0,05$.

В операционной после анестезиологического пособия было проведено исследование микроциркуляции тканей стопы: кожи, подкожно-жировой клетчатки, мышечной ткани. Оценивали капиллярный кожный кровоток (мл/мин·100 г ткани) с помощью лазерной доплеровской флоуметрии (BLF-21, *Transonic Systems*, USA) с использованием наконечника датчика. Регистрацию кровотока (3 измерения в каждой точке) производили до начала операции, после маркировки областей измерения (1–6 точки) (рис. 1, а) и после выполнения всех этапов операции, снятия жгута и наложения швов (через 15,3±1,7 мин, от 8 до 25 мин после снятия жгута).

Кроме того, в область исследования попадали подкожно-жировая клетчатка, *retinaculum mm. extensorum inferior, m. extensor digitorum brevis* (рис. 1, б). Регистрацию микроциркуляторного кровотока этих структур производили с помощью высокочастотной ультразвуковой доплерографии (доплерограф «Минимакс-Допплер-К» фирмы «Ми-

нимакс», Санкт-Петербург) с применением интраоперационного датчика 20 мГц в режиме исследования микроциркуляции и перфузии мелких кровеносных сосудов. Показатели кровотока регистрировали до начала операции и после выполнения всех ее этапов и снятия жгута.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета для анализа данных «Microsoft Excel 2010» с надстройкой *Attestat* [10]. Рассчитывали среднее арифметическое значение показателей (M) и стандартную ошибку средней (m). При нормальном распределении для парных сравнений применяли t-критерий Стьюдента, в остальных случаях использовали непараметрические методы (критерий Вилкоксона). Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ результатов исследования показал, что величины кожного капиллярного кровотока до начала оперативных манипуляций достоверно не различались в различных точках измерения (табл. 1). После выполнения всех этапов операции, снятия жгута и наложения швов капиллярный кожный кровоток имел тенденцию к увеличению во всех областях исследования, но достоверно увеличивался только в точках 1 (на 53,3 %, $p < 0,05$), 4 (на 69,0 %, $p < 0,05$) и 6 (53,9 %, $p < 0,05$). Индивидуальный подход к анализу реакций кровотока у каждого пациента показал, что в различных точках измерения наблюдалось в различной степени выраженности увеличение кровотока в 45,5–72,7 % случаев (рис. 3).

Исследование микроциркуляторного кровотока подкожно-жировой клетчатки и мышечной ткани показало отсутствие направленной динамики или тенденции изменений (табл. 2). Показатели кровотока после выполнения всех этапов операции и снятия

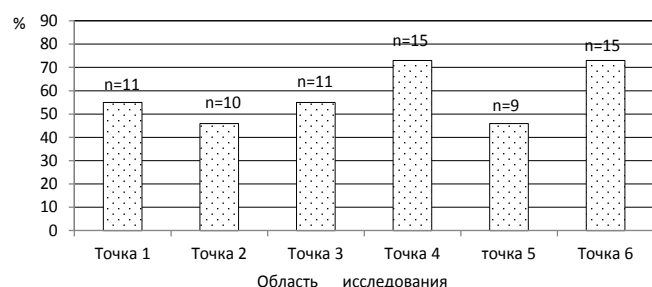


Рис. 3. Доля больных с увеличением кожного капиллярного кровотока после выполнения всех этапов операции, снятия жгута и наложения швов у больных с деформацией стоп вследствие церебрального паралича, %

Fig. 3. Proportion of the patients with the increase of skin capillary blood flow after performing all the stages of surgery, tourniquet removal and suturing in patients with feet deformities due to cerebral palsy, %

Таблица 2

Показатели микроциркуляторного кровотока тканей стопы у больных с деформацией стоп вследствие церебрального паралича ($M \pm m$, $n=21$)

Table 2

Indicators of microcirculatory blood flow of the foot tissues in patients with foot deformities due to cerebral palsy ($M \pm m$, $n=21$)

Область исследования	Показатели кровотока							
	до выполнения всех этапов операции				после выполнения всех этапов операции и снятия жгута			
	Vs, см/с	Vm, см/с	Vd, см/с	Qs, мл/мин	Vs, см/с	Vm, см/с	Vd, см/с	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 p=0,58	4,6±0,6 p=0,82	1,9±0,3 p=0,78	4,2±0,3 p=0,93
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 p=0,11	3,7±0,4 p=0,048	1,4±0,3 p=0,32	3,8±0,4 p=0,54
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 p=0,55	3,6±0,6 p=0,62	1,6±0,5 p=0,56	3,6±0,4 p=0,58
Точка 4 (мышечная ткань)	8,0±0,6	4,4±0,4	1,9±0,3	4,0±0,3	8,4±0,7 p=0,60	4,7±0,4 p=0,56	2,1±0,4 p=0,71	4,1±0,3 p=0,72
Точка 5 (мышечная ткань)	8,7±1,0	4,8±0,7	2,1±0,5	4,2±0,5	9,0±0,8 p=0,77	4,4±0,6 p=0,57	1,9±0,3 p=0,45	4,3±0,4 p=0,84
Точка 6 (мышечная ткань)	7,6±0,9	4,0±0,7	1,8±0,5	3,6±0,5	8,0±0,8 p=0,49	3,3±0,6 p=0,19	1,4±0,4 p=0,28	3,8±0,3 p=0,42

Примечание: Vs – максимальная систолическая скорость; Qs – объемная скорость; Vm – средняя скорость; PI – индекс пульсации (Гослинг); RI – индекс сопротивления (Пурсело). Использовали критерий Шапиро – Уилка для подтверждения или отклонения гипотезы нормальности распределения. При нормальном распределении для парных сравнений применяли t-критерий Стьюдента, в остальных случаях использовали непараметрические методы (для анализа различий между связанными выборками – критерий Вилкоксона).

жгута достоверно не отличались от дооперационного уровня ($p>0,05$).

Таким образом, после одномоментной коррекции многокомпонентных деформаций стоп за счет трехсуставного артродеза у больных ЦП отсутствует снижение показателей микроциркуляторного кровотока кожи, мышц и подкожно-жировой клетчатки. Наблюдается либо стабилизация, либо увеличение перфузии этих структур.

Анализ клинических результатов в отдаленный период наблюдения (от 15 до 40 месяцев, в среднем 19 месяцев) в данной группе больных показал, что хорошие результаты зафиксированы в 81 % случаев (рис. 4), удовлетворительные – у 19 % больных,

которые отмечали периодический умеренный болевой синдром в стопах после длительной ходьбы. Неудовлетворительных результатов не было.

Известно, одной из особенностей анатомического строения стопы является плотная сопряженность мягкотканых и костных структур; несомненно, при одномоментной коррекции многокомпонентных деформаций возможен риск нарушения трофики мягких тканей. В 4–6,7 % случаев развиваются негативные изменения в мягких тканях в области оперативного вмешательства, в том числе вялая грануляция послеоперационной раны стопы [4, 5]. Роль сосудистого фактора (изменение локального кровоснабжения тканей) в этом процессе остается недостаточно освещенной [5].

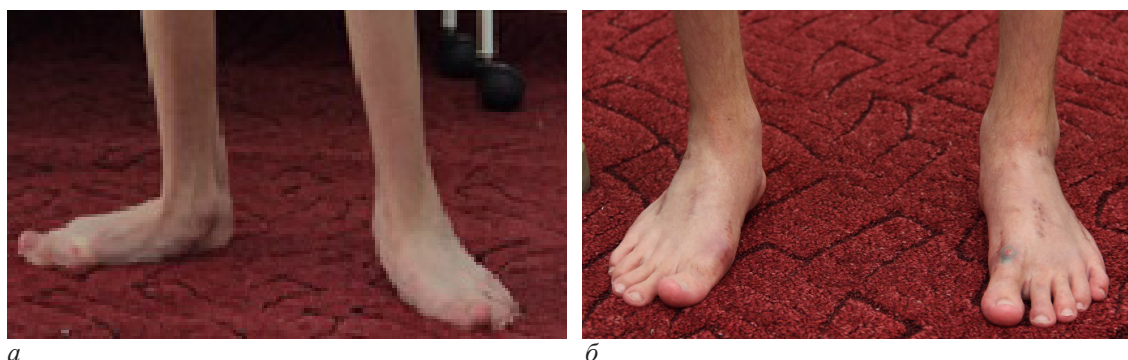


Рис. 4. Внешний вид стоп пациента 16 лет с церебральным параличом при наличии многокомпонентных деформаций правой и левой стопы: а – до лечения; б – через 24 месяца после лечения

Fig. 2. Appearance of the feet of a 16-year-old patient with cerebral palsy in the presence of multicomponent deformities of the right and left feet: a – before treatment; б – 24 months after treatment

В нашей работе было проведено исследование микроциркуляции кожи (с помощью лазерной доплеровской флоуметрии), подкожно-жировой клетчатки и мышечной ткани (высокочастотная доплеровская флоуметрия) в области оперативного вмешательства до и после выполнения всех этапов операции и снятия жгута (подкожно-жировой клетчатки, мышечной ткани) и наложения швов (кожа).

Метод лазерной доплеровской флоуметрии позволяет определить ранние признаки нарушения кровообращения при различных видах анестезии, исследовать изменения микроциркуляции различных тканей во время реконструктивно-пластических операций [11]. Высокочастотная ультразвуковая доплерография в интраоперационной оценке микроциркуляторного кровотока является наглядной и информативной. Она может оценить адекватность восстановления перфузии по микроциркуляторному звену сосудистого русла [12].

Анализ полученных 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.

Капиллярный кожный кровоток после выполнения всех этапов операции, снятия жгута и наложения швов имел тенденцию к увеличению во всех областях исследования, но достоверно увеличивался только в точках 1 (на 53,3 %, $p < 0,05$), 4 (на 69,0 %, $p < 0,05$) и 6 (53,9 %, $p < 0,05$). Такая тенденция может быть обусловлена: 1) реакцией на травму, когда нарушение целостности кости приводит к активизации регулирующих систем на разных уровнях, в том числе увеличение вазоактивных веществ, являющихся вазодилататорами [13, 14]; 2) реактивной гиперемией после снятия жгута. С увеличением длительности периода окклюзии растет длительность реактивной гиперемии [15].

Достоверное увеличение кровотока кожи после всех этапов операции, снятия жгута и наложения швов, наблюдаемое в точках 1, 4, может быть связано с областью исследования (преимущественно тыльная поверхность стопы), где плотность функционирующих капилляров выше на 18 %, меньше толщина эпидермиса, меньше глубина залегания сосудов субкапиллярного сплетения, чем в других областях исследования [16].

Метод трехсуставного артрореза стопы позволяет восстановить и стабилизировать правильные взаимоотношения между костными элементами сегмента, восстановить опороспособность конечности, что в комплексе позволяет улучшить функциональные возможности и минимизировать риск рецидива деформации. Трехсуставной артрорез не приводит к негативной динамике микроциркуляции мягкотканых структур.

Заключение

После одномоментной коррекции многокомпонентных деформаций стоп за счет трехсуставного артрореза в области операционной раны у больных церебральным параличом отсутствует снижение показателей микроциркуляторного кровотока кожи,

мышц и подкожно-жировой клетчатки. Наблюдается либо стабилизация, либо увеличение перфузии этих структур.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Литература / References

1. Herring JA. Disorders of the foot. In: Herring JA ed. *Tachdjian's pediatric orthopaedics: from the Texas Scottish Rite Hospital for children*. Vol 2. 5th ed. Philadelphia, WB Saunders, 2014:761-883.
2. Trehan SK, Ihekweazu UN, Root L. Long-term outcomes of triple arthrodesis in cerebral palsy patients. *J Pediatr Orthop*. 2015;35:751-755. Doi: 10.1097/BPO.0000000000000361.
3. Рыжиков Д. В. Оперативное лечение эквино-плано-вальгусной деформации стоп у детей больных детским церебральным параличом // *Гений ортопедии*. – 2010. – № 3. – С. 95–100. [Ryzhikov DV. Surgical treatment of equino-plano-valgus foot deformities in children with cerebral palsy. *Genij Ortopedii*. 2010;3:95–100. (In Russ.)].
4. Vlachou M, Dimitriadis D. Results of triple arthrodesis in children and adolescents. *Acta Orthop Belg*. 2009;75:380–388.
5. Леончук С. С., Щурова Е. Н., Попков Д. А. и др. Трехсуставной артрорез для коррекции деформаций стоп и его влияние на кровоснабжение мягкотканых структур в области оперативного вмешательства у больных церебральным параличом // *Травматология и ортопедия России*. – 2018. – Т. 24, № 4. – С. 32–43. [Leonchuk SS, Shchurova EN, Popkov DA, Chibirov GM, Bidiamshin RR, Gatamov OI. 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*. 2018;24(4):32–43. (In Russ.)]. Doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-32-43.
6. Леончук С. С., Евреинова Я. В., Сазонова Н. В. Применение актуальных референтных линий и углов в диагностике и лечении патологии стопы и голеностопного сустава // *REJR*. – 2018. – № 8 (4). – С. 143–154. [Leonchuk SS, Evreinova YV, Sazonova NV. Modern referent lines and angles in diagnostic and treatment of foot and ankle pathology. *REJR*. 2018;8(4):143–154. (In Russ.)]. Doi: 10.21569/2222-7415-2018-8-4-143-154.
7. Ryerson EW. Arthrodesing operations on the feet: Edwin W. Ryerson MD (1872–1961). The 1st president of the AAOS 1932. *Clin Orthop Relat Res*. 2008;466(1):5–14. Doi: 10.1007/s11999-007-0035-0.
8. Bauer R, Kerschbaumer F, Poisel S. *Voies d'abord en chirurgie orthopédique et traumatologique*. Ed. Masson, 1988:327. [In French].
9. Angus PD, Cowell HR. Triple arthrodesis. A critical longterm review. *J Bone Joint Surg*. 1986;68-B:260–265.
10. Гайдышев И. П. Анализ и обработка данных: спец. справ. – СПб.: Питер, 2001. – 752 с. [Gaidyshev IP. *Data analysis and processing: a special reference book*. Saint Petersburg, Piter, 2001:752. (In Russ.)].
11. Насретдинова С. М., Шарипов Р. А., Латыпов А. М. и др. Оценка анестезиологического обеспечения комбинированных операций в урологии // *Мед. вестн. Башкортостана*. – 2011. – № 6 (2). – С. 362–364. [Nasretdinova SM, Sharipov RA, Latypov AM, Pavlov VN, Sadritdinov MA, Leshkova VY. Assessment of anesthetic management in combined urological operations. *Meditinskiy vestnik Bashkortostana*. 2011;6(2):362–364. (In Russ.)].

12. Бокерия Л. А., Сигаев И. Ю., Морозов К. М. и др. Интраоперационная оценка миокардиального кровотока // Регионар. кровообращение и микроциркуляция. – 2007. – Т. 6, № 1 (21). – С. 31–34. [Bokeriya LA, Sigaev IYu, Morozov KM, Volgushev VE, Puzenko DV, Girina MB. Intraoperative evaluation of myocardial blood flow. Regionarnoe krovoobrashtchenie i mikrocirkulyaciya. 2007;1(21):31–34. (In Russ.)].

13. Jankovsky G. Osteoreceptive sensory systev. Latv. Zinatnu Acad. Vestis. 1992;4:52–54.

14. Фишкин В. И., Львов С. Е., Удадьцов В. Е. Регионарная гемодинамика при переломах костей. – М.: Медицина, 1981. – 184 с. [Fishkin VI, Lvov SE, Udaltsov VE. Regional hemodynamics in bone fractures. Moscow, Medicine, 1981: 184. (In Russ.)].

15. Крупаткин А. И., Сидоров В. В. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: колебания, информация, нелинейность: рук. для врачей. – М.: Либроком, 2013. – 496 с. [Krupatkin A, Sidorov V. Functional diagnostics of microcirculatory-tissue systems: oscillations, information, nonlinearity: a guide for doctors. Moscow, Librokom, 2013:496. (In Russ.)].

16. Козлов В. И., Гурова О. А., Литвин Ф. Б. и др. Расстройства тканевого кровотока, их патогенез и классификация // Регионар. кровообращение и микроциркуляция. – 2007. – Т. 6, № 1 (21). – С. 75–76. [Kozlov VI, Gurova VI, Litvin OA, Morozov FB, Ibragim RH. Disorders of tissue blood flow, their pathogenesis and classification. Regionarnoe krovoobrashtchenie i mikrocirkulyaciya. 2007;1(21):75–76. (In Russ.)].

Информация об авторах

Шурова Елена Николаевна – д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник научной лаборатории клиники патологии позвоночника и редких заболеваний ФГБУ «Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. акад. Г. А. Илизарова» МЗ РФ, г. Курган, e-mail: elena.shurova@mail.ru.

Леончук Сергей Сергеевич – канд. мед. наук, заведующий 6 травматолого-ортопедическим отделением ФГБУ «Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. акад. Г. А. Илизарова» МЗ РФ, г. Курган, e-mail: leon4yk@mail.ru.

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, e-mail: dpopkov@mail.ru.

Information about authors

Elena N. Shchurova – Dr. Sci. (Biol.), leading researcher, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation, e-mail: elena.shurova@mail.ru.

Sergei S. Leonchuk – Cand. Sci. (Med.), head of the 6th Orthopedic Department, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation, e-mail: leon4yk@mail.ru.

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, e-mail: dpopkov@mail.ru.