

ОБЗОР МЕТОДОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ НЕЙРОГЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СТОП

Кичигина А.С.¹, Вебер Е.В.¹, Наконечный Д.Г.¹, Воронцова Т.Н.¹

¹ ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, e-mail: kichigalev@mail.ru

Аннотация. В настоящее время есть множество методов диагностики и лечения многокомпонентных деформаций стоп, но, несмотря на это, лечение пациентов с этими заболеваниями является одной из наиболее острых проблем в современной ортопедии. Проведя анализ отечественной и зарубежной литературы за последние 10 лет, авторы статьи выяснили, что патология стоп, связанная с невро-мышечными заболеваниями, наиболее изучена и описана у детей, но слабо освещена у взрослых. Вследствие этого актуальность темы становится очевидной. Многообразие этиологических факторов возникновения таких многокомпонентных деформаций стопы (нейроинфекции, системные заболевания, опухолевые заболевания позвоночного канала и нервов нижних конечностей, последствия травм спинного мозга и периферических нервов, а также ятрогенные повреждения) обуславливает разнообразие клинических проявлений, что затрудняет диагностику и, как следствие, ведет к появлению ошибок предоперационного планирования. При этом описанные в литературе методики лечения также не лишены недостатков и могут приводить к таким осложнениям, как рецидив или изменение геометрии деформации, формирование дефектов мягких тканей, инфекционные осложнения. Это диктует необходимость совершенствования диагностических и лечебных подходов для данной категории больных.

Ключевые слова: хирургия стопы, деформация стопы, нейроортопедия, хирургическое лечение.

REVIEW OF METHODS OF SURGICAL TREATMENT OF NEUROGENIC DEFORMITIES OF THE FEET

Kichigina A.S.¹, Veber E.V.¹, Nakonechny D.G.¹, Vorontsova T.N.¹

¹Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, e-mail: kichigalev@mail.ru

Abstract. For today there are many methods of diagnosing and treating multicomponent foot deformities, but nevertheless treatment of this patients is one of the most acute problems in modern orthopedics. After analyzing national and foreign literature over the past 10 years, it turned out that this pathology of the feet is mostly studied and described in children, but not revealed in adults. Therefore the relevance of the topic becomes obvious. In view of the huge variety of etiological factors in the occurrence of multicomponent foot deformities (neuroinfections, systemic diseases, tumor diseases of the spinal canal and lower extremities, the consequences of spinal cord and peripheral nerve injuries, as well as iatrogenic injuries) leads to a variety of clinical manifestations, which complicates diagnosis and leads to tactical failures. At the same time, the treatment methods described in the literature are also not without drawbacks and may cause complications such as relapse or change in the geometry of deformity, the formation of soft tissue defects, and infectious complications. There is a necessity to improve diagnostic and therapeutic approaches for this category of patients.

Keywords: paralytic foot, foot deformity, orthopedics, surgical treatment.

Тяжелые деформации стоп встречаются как при неврологических, соматических заболеваниях, так и при наличии последствий травм, являясь сложной, не до конца решенной проблемой для ортопедов и хирургов [1].

Вопрос устранения многокомпонентных деформаций изучается в разных странах мира и часто требует поэтапного решения. При несвоевременном и непоследовательном хирургическом лечении может происходить усиление деформации, которая впоследствии приводит к развитию деформирующего артроза суставов стопы, их установке в порочном положении [2].

Цель исследования: провести контент-анализ опубликованных научных работ отечественных и зарубежных авторов, посвященных современным способам диагностики и оперативного лечения многокомпонентных нейрогенных деформаций стопы.

Материалы и методы исследования. Изучены 200 статей, в большинстве которых рассмотрены методы консервативного и хирургического лечения многокомпонентных деформаций стопы у детей, и лишь в 30 из них данная тема была освещена у взрослых пациентов. Использованные методы: поисковый запрос в системе Elibrary.ru, PubMed, Scopus и ФИПС.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный анализ литературных источников показал, что, несмотря на успехи ортопедии в лечении пациентов с деформациями и нестабильностью стоп, существует большое количество осложнений и неудовлетворительных результатов хирургических методов лечения – от 6% до 50% [1].

Для понимания причин возникновения деформации стоп и последующего определения путей решения данной проблемы необходимы глубокие знания топографической анатомии, иннервации и функции голени и стопы. Следует понимать, что голень, с физической точки зрения, представляет собой сбалансированную систему между сгибателями-разгибателями и пронаторами-супинаторами. В связи с этим даже незначительное изменение силы какой-либо группы мышц может привести к изменению тонуса всей голени и, как следствие, к последующей деформации стопы [3].

Большинство авторов подчеркивают, что в основе патогенеза деформаций стопы лежит поражение нервно-мышечного аппарата конечности, которое может варьировать от слабости одной мышцы в фасциальном футляре до полного выпадения функции мышц-синергистов, что обуславливает повышение различной степени тонуса в мышцах-антагонистах и ведет к различным вариантам деформации стоп [4, 5].

Кроме того, большую роль играет степень фиксированности деформации. Выделяют три степени фиксированной деформации.

1. Динамические (нефиксированные) деформации – возникают во время ходьбы из-за повышенного сократительного рефлекса мышц голени без наличия миостатических контрактур, т.е. без мышечного укорочения.

2. Фиксированные деформации – результат миостатических контрактур за счет укорочения одной или обеих порций мышц голени.

3. Ригидные деформации (с необратимыми костно-суставными изменениями) – результат длительно существующих фиксированных деформаций, приводящих к необратимым костно-суставным изменениям [6].

Наиболее часто встречаются следующие виды деформации стоп [7, 8].

1. Полая стопа (*pes excavates cavus*) – как правило, является следствием нейромышечных заболеваний или травм. Среди нервно-мышечных заболеваний выделяют: болезнь Шарко–Мари–Тута, полиомиелит, поражения мозжечка, артрогриппоз. Травматическая деформация может быть вызвана переломами проксимального отдела костей голени или их переломовывихами. Деформация может долгое время не проявляться, пока не появятся мышечный фиброз и контрактура мышц заднего ложа.

2. Варусная стопа (*pes varus*) — деформация в большинстве случаев имеет травматический характер (футбольная, хоккейная, ятрогенная), связана с повреждением поверхностного малоберцового нерва. Варусная деформация развивается в основном в результате пареза или паралича мышц латерального ложа.

3. Конская стопа (*pes equinus*) является следствием пареза или паралича мышц – разгибателей стопы, травм или заболеваний голеностопного сустава, болезни Литтла, полиомиелита, значительно реже – воспалительных процессов в суставах заднего отдела стопы.

4. Приведенная стопа (*pes adductus*) — развивается в результате выпадения функции малоберцовых мышц. При наличии эквиноварусной деформации паралич распространяется на переднюю группу мышц голени. Причины поражения могут быть самыми различными: повреждение седалищного и малоберцовых нервов (результат резаных или огнестрельных ран), энцефалит, полиомиелит, болезнь Литтла, а также тяжелые гнойно-деструктивные процессы на стопе, сложные и неправильно леченные вывихи, переломовывихи голеностопного и других суставов заднего отдела стопы. Приведенная стопа часто является элементом многокомпонентной деформации.

5. Пяточная стопа (*pes calcaneus*) — причинами развития этой деформации являются парезы и параличи задней группы мышц голени, а также разрыв или повреждение пяточного сухожилия, миелодисплазия, полиомиелит, иногда послеожоговые рубцы, стягивающие тыл стопы.

6. Вальгусная стопа (*pes valgus*) — причиной развития данной патологии являются травмы стопы и голени, врожденная слабость мышечно-связочного аппарата (при системных заболеваниях соединительной ткани), полинейропатии, ДЦП, рахит, быстрый рост стопы в период пубертата.

В чистом виде деформации встречаются редко, чаще мы имеем дело с многокомпонентными вариантами сложных деформаций и их комбинациями.

Дополнительные трудности в диагностике и представлении данных для обмена опытом связаны с большим разнообразием диагностических и регистрационных методик и

методов, применяемых при оценке и анализе нейрогенных деформаций стоп. Чаще всего все методы диагностики деформации стопы делят на 3 группы [8-11].

1. Клинические (местные и субъективные) изменения: динамика объема движений в голеностопном суставе, оцениваемая по величине пассивной дорсифлексии; локальная спастичность – шкала Ashworth; мышечная сила разгибателей стопы – шкала Kendall, степень укорочения компонентов икроножно-камбаловидного комплекса – тест Silverscjojd; степень выраженности «переднебольшеберцового» варусного компонента, а также сила передней группы мышц голени – тест Strumpel; тест Джека; тест «стойка на носках»; шкалы клинической оценки заболеваний стопы и голеностопного сустава – AOFAS; визуальная аналоговая шкала – VAS; показатель нарушения функции стопы и голеностопного сустава FADI.

2. Кинематические показатели (анализ ходьбы), оцениваемые по адаптированной визуальной шкале оценки ходьбы Edinburgh, тест «Индекс ходьбы Хаузера».

3. Статокинетические показатели (функция опоры и распределение сил давления во время ходьбы), оцениваемые по адаптированной методике компьютерной фотоплантографии и педобарографически (тензодинамометрически).

Чаще всего при нейрогенных деформациях стоп используются следующие дополнительные методы исследования.

1. Рентгенографические методы исследования применяются для диагностики вторичных костно-суставных изменений среднего и дистального отделов стопы, таранно-пяточной дивергенции и таранно-ладьевидной инклинации при эквиноварусных и эквиноплосковальгусных деформациях. По рентгенограмме определяют таранно-плюсневый угол (I луч), угол наклона пяточной кости, угол таранно-ладьевидного соотношения. Дополнительно определяют положение бугристости ладьевидной кости по отношению к линии Фейса [12].

2. Динамическая электромиография (видео-ЭМГ) применяется при оценке локомоторных функций и фазной активности мышц во время ходьбы. Особую ценность эта процедура представляет для установления этиологии и принятия решения о транспозиции мышц. С помощью электромиографии невозможно получение силовых характеристик, что оказалось бы полезным для кинетических исследований [13].

Перспективными методами объективного обследования биомеханики патологических состояний стопы являются компьютерная динамическая фотоплантография и педобарография (тензодинамометрия). Согласно литературным данным, метод динамической компьютерной педобарографии позволяет не только выявлять нарушения при статической нагрузке, но и оценивать функциональное состояние стоп при движении.

Применение методик фотоплантографии с использованием опорного стекла дает возможность судить о наличии или отсутствии патологии опорных и рессорных функций стоп [14].

Ввиду отсутствия четких клинических рекомендаций по диагностике и лечению данной патологии большинство врачей свой выбор диагностических мероприятий и дальнейшую тактику лечения основывают на базе имеющегося собственного опыта и знаний [15].

Консервативное лечение данных деформаций возможно при начальной степени или нерезко выраженной нефиксированной деформации стоп. С целью предупреждения прогрессирования деформации и улучшения опорной функции стоп назначают курсы лечебной гимнастики, массажа, физиотерапевтические процедуры и ношение ортопедических стелек с корригирующими элементами: пронатор под пятку и поднятие передне-внутреннего отдела стопы [16].

Показанием к операции служит наличие деформации стопы, затрудняющей ходьбу, не поддающейся коррекции ортопедической обувью, склонной к прогрессированию и нарушающей функцию нижних конечностей [17].

К настоящему времени предложен целый ряд вполне рациональных оперативных вмешательств, направленных на устранение тех или иных компонентов деформации [18]. Однако успех оперативного лечения зависит от правильного выбора комплекса хирургических вмешательств, направленных на устранение всех компонентов деформации [19].

Хирургические процедуры при поперечных/вальгусных, конскопоперечных/вальгусных и плосковальгусных/вальгусных деформациях стопы бывают трех типов: на мягких тканях (освобождение подошвенной фасции, освобождение сухожилия или транспозиция), на костных тканях (остеотомия плюсневых костей, среднего и заднего отдела стопы) и стабилизирующие операции на суставах (тройной артродез) [20].

Большинство авторов отмечают, что раннее агрессивное лечение, когда задний отдел стопы еще является гибким, и раннее высвобождение мягких тканей могут отсрочить необходимость более обширных реконструктивных процедур в дальнейшем [21]. Даже у молодых пациентов с фиксированной деформацией задней части стопы ограниченное высвобождение мягких тканей в сочетании с остеотомией первой плюсневой кости, костей среднего отдела стопы или пяточной кости, а также, возможно, и тем и другим позволяет обеспечить удовлетворительный функциональный результат, не жертвуя задним и средним суставом, который теряется после тройного артродеза. Из-за ранних дегенеративных изменений в голеностопном суставе, заднем и среднем отделе тройной артродез должен

служить спасающей операцией для пациентов, у которых другие варианты были неудачными, или у пациентов с необработанными фиксированными дефектами [22].

Молодым пациентам и пациентам с гибким задним отделом стопы при половарусных/вальгусных деформациях выполняют подошвенный релиз и соответствующие транспозиции сухожилий [23].

Около 15% пациентов с ригидной деформацией требуется тройной артродез. Чаще всего рекомендуются артродез Хомута или его модификация. Соответствующие клиновидные резекции исправляют варусные деформации заднего отдела стопы и компонент деформации среднего отдела стопы [24].

При фиксированном заднем отделе стопы с выступающей пяточной костью для укорочения пятки предпочтительна боковая клиновидная остеотомия Двайера. Если пяточная кость имеет варусную деформацию, скользящая остеотомия даст удовлетворительные результаты. Описан метод с использованием ступенчатой (Z-образной) остеотомии пяточной кости, позволяющей корректировать ее во фронтальной и сагиттальной плоскостях. Противопоказаниями к этой процедуре являются дегенеративные заболевания и патологические сращения костей [25].

При самых тяжелых деформациях использование тройного артродеза по Ламбринуди полностью восстанавливает функцию стопы и устраняет болевой синдром. Операция включает коррекцию переднего отдела стопы, далее восстанавливается устойчивость заднего отдела за счет тройного артродеза и транспозиции задней большеберцовой мышцы на тыльную поверхность стопы, завершающий этап – удлинение ахиллова сухожилия. После операции необходимо тщательное исследование стоп, поскольку даже при хороших рентгенологических показателях педобарометрические данные могут быть далеки от нормы [26].

Для фиксированных контрактур в плюснефаланговых и межфаланговых суставах рекомендуются следующие виды операций [27]:

- 1) удлинение длинного разгибателя большого пальца и длинного разгибателя пальцев;
- 2) тенотомия длинного разгибателя большого пальца и длинного разгибателя пальцев;
- 3) дорсальная капсулотомия плюсневых суставов;
- 4) резекция головы и шеи проксимального отдела фаланги;
- 5) освобождение подошвенной фасции;
- 6) артродез межфаланговых суставов пальца.

Апоневротомия икроножной мышцы (АИМ) производится в мышечно-сухожильной части путем рассечения ее апоневроза в различных модификациях (операции Strayer, Vulpius, Baker, Tachdjian) и обладает высоким клиническим эффектом [28]. Однако она не лишена

недостатков, таких как возникновение до 48% рецидивов, втянутый послеоперационный рубец, возможность повреждения подошвенного нерва во время операции [29].

При укорочении обеих порций *m. triceps surae* (*gastrocnemius et soleus*) традиционным методом лечения является удлинение ахиллова сухожилия открытым или закрытым способом в различных модификациях [30].

Удлинение ахиллова сухожилия приводит к еще большему количеству осложнений: возможны рецидив деформации (от 6% до 25%), формирование «согнутой» ходьбы и пяточной деформации стопы (от 2% до 40%), связанные с особенностями филогенеза, а также с биомеханикой стопы человека и анатомическим строением трехглавой мышцы голени [31].

Наиболее часто используемым методом для коррекции эквинусной деформации стопы является транспозиция задней большеберцовой мышцы на передний отдел стопы. Метод Илизарова также применялся для коррекции жестких деформаций, но пациенты отмечали, что после операции не было значительного улучшения функции и увеличения диапазона движения [32].

Таким образом, лечение деформаций стопы – это длительный, многоэтапный и трудоемкий процесс, конечно, требующий комплаенса между врачом и пациентом. Глубокие анатомические знания, уверенное владение большим арсеналом методик обследования, умение тщательно проводить физикальное исследование позволят четко определить степень, стадию и вид деформации, от чего полностью зависит выстраивание индивидуального плана оперативного лечения и последующей реабилитации пациента [33].

Оперативное лечение нейрогенных деформаций стопы требует коррекции всех факторов, влияющих на возникновение патологии, в противном случае оно не будет иметь смысла, поскольку в ближайшее время наступит рецидив [34].

В настоящее время при операциях на стопе используются комбинации методов, начиная от релиза и заканчивая артродезом. В случае выявления тяжелой степени патологии стопы требуется предварительный компьютерный анализ с возможным последующим использованием аппарата внешней фиксации. В связи с этим постоянно совершенствуются методики применения аппаратов внешней фиксации при коррекции тяжелых деформаций [35, 36].

Заключение

Изученная литература не смогла в полной мере ответить на ряд вопросов, связанных с диагностикой и способами оперативного лечения взрослых пациентов с нейрогенными многокомпонентными деформациями стоп. Очевидно, что необходимо совершенствование диагностических и лечебных подходов при работе с данной категорией пациентов для

получения приемлемых среднесрочных и отдаленных результатов.

Список литературы

1. Имяров Ш.Д. Результаты лечения нейрогенных деформаций стоп у детей. Оперативная коррекция остаточных деформаций: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2015. 22 с.
2. Church C., Lennon N., Alton R., Schwartz J., Niiler T., Henley J., Miller F. Longitudinal change in foot posture in children with cerebral palsy. *J. Child. Orthop.* 2017. vol.11. no. 3. P. 229-236. DOI: 10.1302/1863-2548.11.160197.
3. Кованов В.В., Травин А.А. Хирургическая анатомия нижних конечностей. М.: Медгиз, 1963. 460 с.
4. Davids J.R. The foot and ankle in cerebral palsy. *Orthop. Clin. North Am.* 2010. vol.41. no. 4. P. 579-93. DOI: 10.1016/j.ocl.2010.06.002.
5. Кирпатовский И.Д., Смирнова Э.Д. Клиническая анатомия. М.: Медицинское информационное агентство, 2003. Т. 2. 316 с.
6. Napiontek M., Pietrzak K. Joint preserving surgery versus arthrodesis in operative treatment of patients with neuromuscular polyneuropathy: questionnaire assessment. *Eur. J. Orthop. Surg Traumatol.* 2015. vol. 25. no. 2. P. 391-397. DOI: 10.1007/s00590-014-1498-9.
7. Kedem P., Scher D.M. Foot deformities in children with cerebral palsy. *Curr. Opin. Pediatr.* 2015. vol. 27. No. 1. P. 67-74. DOI: 10.1097/MOP.000000000000180.
8. Яцык С.П. Жердев К.В. Зубков П.А. Пак Л.А. Волкова М.О. Челпаченко О.Б. Петельгузов А.А. Роль нейрогенных деформаций стоп в структуре нарушений функций нижних конечностей у пациентов с детским церебральным параличом. Стратегии хирургического лечения // Медицинский совет. 2018. №11. С. 162-167. DOI: 10.21518/2079-701X-2018-11-162-167.
9. Лашковский В.В. Мармыш А.Г. Детская и подростковая педиатрия - современные подходы к диагностике и лечению заболеваний стоп // Новости хирургии. 2011. № 2. С. 94-100.
10. Мо Ц., Ригин Н.В., Бобров Д.С., Слияков Л.Ю. Анкеты и шкалы для оценки состояния стопы и голеностопного сустава // Кафедра травматологии и ортопедии. 2016. №4. С.5-11.
11. Сычевский Л.З., Диагностика и хирургическая коррекция фиксированных деформаций у больных детским церебральным параличом: дис. ... канд. мед. наук. Гродно, 2010. 158 с.

12. Шевцов В.И., Дьячкова Г.Р. Рентгенологическая характеристика костей при деформациях стоп // Гений ортопедии. 2000. №4. С.79-81.
13. Клычкова И.Ю., Винокурова Т.С., Гусева И.А. Электрофизиологическое обоснование эффективности оперативного лечения врожденной косолапости // Травматология и ортопедия России. 2012. №3. С.57-66.
14. Лашковский В.В., Игнатовский М.И. Роль динамической педобарографии в оценке биомеханических характеристик стопы в норме и при ее плоско-вальгусной деформации // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2010. №2. С.47-50.
15. Вавилов М.А., Бланининский В.Ф., Громов И.В. Артрорезирующие операции у детей старше 10 лет с деформациями стоп различной этиологии // Журнал клинической и экспериментальной ортопедии им. Г.А. Илизарова. 2016. №3. С.35-37. DOI: 10.18019/1028-4427-2016-3-35-38.
16. Кожевников О.В., Косов И.С., Иванов А.В., Грибова И.В., Болотов А.В. Сравнительная оценка результатов комплексного и консервативного лечения плосковальгустных деформации стоп у детей // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2015. №2. С.55-59.
17. Boffeli T.J., Collier R.C. Surgical Treatment Guidelines for Digital Deformity Associated with Intrinsic Muscle Spasticity (Intrinsic Plus Foot) in Adults With Cerebral Palsy. J. Foot Ankle Surg. 2015. vol. 54. no.5. P.985-993. DOI: 10.1053/j.jfas.2014.06.023.
18. King B.W., Ruta D.J., Irwin T.A. Spastic foot and ankle deformities: evaluation and treatment. Foot Ankle Clin. 2014. vol. 19. no. 1. P. 97-111. DOI: 10.1016/j.fcl.2013.10.007.
19. Kim JR, Shin SJ, Wang SI, Kang SM. Comparison of lateral opening wedge calcaneal osteotomy and medial calcaneal sliding-opening wedge cuboid-closing wedge cuneiform osteotomy for correction of planovalgus foot deformity in children. J. Foot Ankle Surg. 2013. vol. 52. no. 2. P. 162-166. DOI: 10.1053/j.jfas.2012.12.007.
20. Рыжиков Д.В., Губина Е.В., Андреев А.В. Анастасиева Е.А. Ортопедические последствия спастических форм ДЦП: хирургическая коррекция деформаций стоп у детей и подростков // Современные проблемы науки и образования. 2016. №6. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=25846> (дата обращения: 21.12.2020).
21. Dreher T., Wolf S.I., Heitzmann D., Fremd C., Klotz M.C., Wenz W. Tibialis posterior tendon transfer corrects the foot drop component of cavovarus foot deformity in Charcot-Marie-Tooth disease. J. Bone Joint Surg Am. 2014. vol. 96. no. 6. P.456-462. DOI: 10.2106/JBJS.L.01749.

22. Barton T., Winson I. Joint sparing correction of cavovarus feet in Charcot-Marie-Tooth disease: what are the limits? *Foot Ankle Clin.* 2013. vol. 18. no. 4. P.673-88. DOI: 10.1016/j.fcl.2013.08.008.
23. Кенис В.М. Ортопедическое лечение деформаций стоп у детей с церебральным параличом: автореф. дис. ... докт. мед. наук. Санкт-Петербург, 2014. 49 с.
24. Mubarak S.J., Dimeglio A. Navicular excision and cuboid closing wedge for severe cavovarus foot deformities: a salvage procedure. *J. Pediatr. Orthop.* 2011. vol. 31. no. 5. P. 551-556. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31821f849a.
25. Tae Young Ahn, Jeong Han Kang, Kuk Pil Lim, Hui Taek Kim. Results of Surgical Treatment for Congenital Vertical Talus. *J. Korean Orthop Assoc.* 2015. vol. 50. no. 5. P. 394-400. DOI: 10.4055/jkoa.2015.50.5.394.
26. Elsner A., Barg A., Stufkens S , Knupp M , Hintermann B. Modifizierte Arthrodesis nach Lambrinudi mit zusätzlichem Transfer der Tibialis-posterior-Sehne zur Behandlung des adulten Fallfußes [Modified Lambrinudi arthrodesis with additional posterior tibial tendon transfer in adult drop foot]. *Oper. Orthop. Traumatol.* 2011. vol. 23. no. 2. P. 121-30. DOI: 10.1007/s00064-011-0027-9.
27. Sarrafian SK. Correction of fixed hammertoe deformity with resection of the head of the proximal phalanx and extensor tendon tenodesis. *Foot Ankle Int.* 1995. vol.16. no. 7. P. 449-451. DOI: 10.1177/107110079501600714.
28. Armand S., DecouLon G., Bonnefoy-Mazure A. Gait analysis in children with cerebral palsy. *EFORT Open Reviews.* 2016. vol.1. no. 12. P. 448-460. DOI: 10.1302/2058-5241.1.000052.
29. Schmal H., Walther M., Hirschmüller A., Bunert N., Südkamp N.P., Mehlhorn A.T. Gastrocnemius recession leads to medial shift of gait line, impairment of muscle strength and improved dorsal extension in forefoot overload syndrome. *Foot Ankle Surg.* 2018. vol. 24. no. 4. P. 309-313. DOI: 10.1016/j.fas.2017.03.014.
30. Firth G.B., McMullan M., Chin T. et al. Lengthening of the gastrocnemius-soleus complex: an anatomical and biomechanical study in human cadavers. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2013. vol. 95. no.16. P. 1489-1496. DOI: 10.2106/JBJS.K.01638.
31. Tsang S.T.J., McMorran D., Robinson L., Herman J., Robb J.E., Gaston M.S. A cohort study of tibialis anterior tendon shortening in combination with calf muscle lengthening in spastic equinus in cerebral palsy. *Gait Posture.* 2016. vol. 50. P. 23-27. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2016.08.015.
32. Умханов Х.А. Метод аппаратной коррекции в ортопедическом лечении детей с центральными спастическими параличами // *Ортопедия, травматология и протезирование.* 1984. № 4. С. 35-39.

33. Benirschke S.K., Kramer P.A. Gastrocnemius or Achilles Lengthening at Time of Trauma Fixation. *Foot Ankle Clin.* 2017. vol. 22. no.1. P.117-124. DOI: 10.1016/j.fcl.2016.09.008.
34. Чернышева И.Н., Шевченко С.Д. Особенности нарушения двигательной активности детей при прогрессировании нейромышечных заболеваний // *Ортопедия, травматология и протезирование.* 2013. №1. С. 122-125.
35. Леончук С.С. Чибиров Г.М. Коррекция тяжелой посттравматической деформации стопы // *Российский медицинский журнал.* 2020. №2. С. 119-124. DOI: 10.18821/0869-2106-2020-26-2-119-124.
36. Судницын А.С. Метод Илизарова в лечении больных с многокомпонентными деформациями стоп нейрогенной этиологии, осложненными хроническим остеомиелитом: автореф. дис. ... докт. мед. наук. Санкт-Петербург, 2017. 49 с.