

Обзорная статья

УДК 617.58-007.1-001.5-089.227.84

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-2-301-308>

Эволюция тактических подходов в устранении неравенства длины нижних конечностей

К.И. Новиков^{1,2✉}, Э.С. Комарова³, С.В. Колесников¹, О.В. Климов¹, К.С. Сергеев²

¹ Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия

² Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Россия

³ Главное бюро медико-социальной экспертизы по Курганской области, Курган, Россия

Автор, ответственный за переписку: Константин Игоревич Новиков, kinovikov@mail.ru

Аннотация

Введение. Проблема устранения неравенства длины нижних конечностей (*англ.* Limb Length Discrepancy — LLD) актуальна и имеет высокую медицинскую и социальную значимость. LLD является серьезным физическим недостатком, который причиняет страдания больному, изменяет его походку, формирует патологические приспособительные механизмы, а у детей самым отрицательным образом влияет на формирование опорно-двигательной системы.

Цель работы — проанализировать эволюцию тактических подходов к реабилитации пациентов с неравенством длины нижних конечностей.

Материалы и методы. Выполнен поиск релевантных научных публикаций на русском и английском языках на электронных платформах PubMed и eLibrary по запросам: lower limbs, length inequality, methods and means of length correction, osteosynthesis, неравенство длины нижних конечностей, подходы и средства коррекция длины конечностей, остеосинтез. Для анализа отобраны клинические руководства, клинические рекомендации, систематические обзоры, рандомизированные контролируемые исследования, мультицентровые когортные исследования.

Результаты и обсуждение. У практически здоровых людей часто встречается разница в длине нижних от нескольких мм до 1,5 см, что никак не отражается на походке и состоянии смежных суставов и суставов противоположной конечности. Некоторые авторы считают, что неравенство всего в 5 мм может привести к ортопедической патологии. Для выравнивания длины конечностей ортопеды предлагают различные консервативные и оперативные методики. Устранение LLD — это распространенная и до конца нерешенная медицинская проблема. Консервативное лечение LLD может рассматриваться как один из этапов реабилитации, так как, несмотря на разработанные средства консервативного лечения LLD, их применение не приводит к должному результату, и приоритетом в решении этой проблемы является оперативное лечение.

Заключение. Предложенные ранее методики оперативного лечения LLD имели недостатки, которые в итоге свели к минимуму их использование, а от некоторых ортопеды отказались ввиду высокого риска развития тяжелых осложнений. Разработанный в 50-х годах прошлого века аппарат, а затем и методика доктора Илизарова явились эпохальным событием в устранении LLD и постоянно продолжают свое совершенствование.

Ключевые слова: нижние конечности, неравенство длины, методы и средства коррекция длины, остеосинтез

Для цитирования: Новиков К.И., Комарова Э.С., Колесников С.В., Климов О.В., Сергеев К.С. Эволюция тактических подходов в устранении неравенства длины нижних конечностей. *Гений ортопедии*. 2023;30(2):301-308. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-301-308. EDN: RPAGRV.



Evolution of tactical approaches to eliminating limb length discrepancy

K.I. Novikov^{1,2✉}, E.S. Komarova³, S.V. Kolesnikov¹, O.V. Klimov¹, K.S. Sergeev²

¹ Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

² Tyumen State Medical University, Tyumen, Russian Federation

³ Main Bureau of Medico-Social Expertise in the Kurgan Region, Kurgan, Russian Federation

Corresponding author: Konstantin I. Novikov, kinovikov@mail.ru

Abstract

Introduction Limb length discrepancy (LLD) can be debilitating and may cause other medical and social problems. LLD is a serious physical condition and have a significant impact on the patient's quality of life changing the gait, forming pathological adaptive mechanisms and causing long-term musculoskeletal disturbances in children.

The objective was to analyze the evolution of tactical approaches to the rehabilitation of patients with lower limb length inequality.

Material and methods The original literature search was conducted on key resources including Scientific Electronic Library (www.elibrary.ru) and the National Library of Medicine (www.pubmed.org). Literature searches included both Russian and English studies. The search strategy was comprised of keywords: lower limbs, limb length inequality, approaches and means of limb length correction, osteosynthesis. Clinical guidelines, clinical recommendations, systematic reviews, randomized controlled trials and multicenter cohort studies were selected for analysis.

Results and discussion Normal individuals can often experience a difference in the length of the lower limbs from several mm to 1.5 cm and have no effect on the gait, condition of adjacent joints and joints of the opposite limb. Some authors report inequality of 5 mm leading to orthopaedic pathology. A variety of conservative and surgical treatments are offered for limb length equalization. Elimination of LLD is a common and unresolved medical problem. Conservative treatment of LLD can be considered as one of the stages of rehabilitation. Some patients can benefit from conservative treatments. Alternatively, surgical equalization is a treatment option for patients with LLD.

Conclusion Surgical methods offered earlier to address LLD had disadvantages, which ultimately minimized their use, and orthopaedic surgeons abandoned some of them due to the high risk of severe complications. The device and the technique developed by Dr. Ilizarov in the 50s of the last century was an epoch-making event in the elimination of LLD and are constantly being improved.

Keywords: lower limbs, length inequality, methods and means of length correction, osteosynthesis

For citation: Novikov KI, Komarova ES, Kolesnikov SV, Klimov OV, Sergeev KS. Evolution of tactical approaches to eliminating limb length discrepancy. *Genij Ortopedii*. 2023;30(2):301-308. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-301-308

ВВЕДЕНИЕ

Проблема устранения неравенства длины нижних конечностей (*англ.* Limb Length Discrepancy — LLD) актуальна и имеет высокую медицинскую и социальную значимость. Разница в длине нижних конечностей является серьезным физическим недостатком, который причиняет страдания больному, изменяет его походку, формируя патологические приспособительные механизмы, а у детей самым отрицательным образом влияет на формирование опорно-двигательной системы. Часто данная патология носит прогрессирующий характер и становится причиной вторичных деформаций позвоночника, таза, смежных суставов и суставов противоположной конечности, что сопровождается нарушением биомеханических условий их функционирования и перегрузкой. Неравенство длины ног вызывает стойкие сколиотические деформации, пельвик- и люмбалгии, грыжи дисков, цервикалгии, хроническую усталость, дискомфорт, причиной которых является постоянная механическая перегрузка костно-мышечной системы в результате неоптимальной статики тела [1, 2]. LLD ухудшает качество жизни больных: ограничивает двигательную активность, снижает коммуникативные возможности, затрудняет учебный процесс, выбор профессии, часто становится проблемой для создания семьи [3]. Нередко у больных с последствиями травмы и гемигипертрофией прогрессирование LLD может приводить к инвалидизации [4–8]. Наличие ортопедического дефекта у многих больных с LLD (последствиями травмы и гемигипертрофией) ведет к отрицательной самооценке и является одним из факторов замкнутости личности. Это провоцирует развитие депрессивных расстройств, которые, прогрессируя во времени, усугубляют ортопедические проблемы появлением социальной дезадаптации и социофобии. Сочетание вышеназванных составляющих LLD приводит к выраженному регрессу уровня качества жизни больного и его ближайшего окружения. Кроме того, в последние годы наблюдается рост количества больных с LLD, нуждающихся в его устранении. Данное обстоятельство можно связать с улучшением ортопедической диагностики и возросшей доступностью высокоспециализированной медицинской помощи [9–21].

Цель работы — проанализировать эволюцию тактических подходов к реабилитации пациентов с неравенством длины нижних конечностей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполнен поиск релевантных научных публикаций на русском и английском языках на электронных платформах PubMed и eLibrary по запросам: lower limbs, length inequality, methods and means of length correction, osteosynthesis, неравенство длины нижних конечностей, подходы и средства коррекция длины конечностей, остеосинтез. Для анализа отобраны клинические руководства, клинические рекомендации, систематические обзоры, рандомизированные контролируемые исследования, мультицентровые когортные исследования. Критерии невключения: экспериментальные и тематические статьи, наблюдения, доклады, клинические случаи, неконтролируемые когортные исследования. Рассмотрено 195 статей, отвечающих критериям включения, изучено и проанализировано 64 публикации, 9 из которых опубликованы в 2016–2021 гг., 15 статей — в период до 10 лет, 40 статей изданы более 10 лет назад, одна из них — около ста лет назад, которая и является отправной вехой данного исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Считается, что в условиях прямохождения наличие даже незначительной разницы в длине нижних конечностей приводит к развитию следующего процесса: на ногу, имеющую большую длину, приходится большая функциональная нагрузка, нога выполняет большую работу, получает больше питания за счет усиления кровотока и растет быстрее; на ногу, имеющую меньшую функциональную длину, соответственно, приходится меньшая нагрузка, нога выполняет меньшую работу, получает меньше питания вследствие менее интенсивного, чем на противоположной конечности, кровоснабжения и, как следствие, она растет медленнее; результатом этого процесса, протекающего в противоположных направлениях, является увеличение с возрастом относительной разницы в длине нижних конечностей [22].

Нужно отметить ещё одну ортопедическую особенность всей человеческой популяции, которая не требует применения каких-либо ортопедических изделий или оперативного лечения, и это состояние авторы относят к норме: у практически здоровых людей часто встречается разница в длине нижних конечностей от нескольких мм до 1,5 см, что никак не отражается на походке и состоянии смежных суставов и суставов противоположной конечности [2]. Важное наблюдение сделали W.A. Rush и H.A. Steiner, которые измерили длину нижних конечностей по рентгеновским снимкам у 1000 военнослужащих, демобилизованных из армии. Одинаковая длина ног была установлена лишь в 23 % случаев, у 77 % обследованных наблюдали асимметрию длины нижних конечностей [20]. Близкие данные приводят в своей работе М.А. Ковалева и соавт., которые отмечают, что разница длины ног наблюдается у 40–90 % населения [1]. При этом некоторые авторы указывают на то, что нарушения походки могут возникать уже при разнице в длине ног около 1,5 см. Однако большинство ортопедов согласны с мнением В.О. Маркса,

установившего, что нарушение походки возникает при разнице в длине ног более чем 2 см, а укорочение от 1 до 2 см не вызывает появления хромоты и компенсируется приспособительными механизмами [4, 23–34]. Компенсация укорочения ортопедической обувью не может считаться полноценной и не удовлетворяет больных. Нарушенная биомеханика конечности, зависимость пациента от протезных заводов, психофизический дискомфорт, связанный с ношением ортезов и ортопедической обуви, косметический дефект заставляют больных обращаться за хирургической помощью [35].

В настоящее время только 10 % населения имеют одинаковую длину нижних конечностей, а 90 % населения имеет расхождение в длине конечностей до 1,0 см. При этом у большего числа пациентов с расхождениями длины конечностей более 5 мм отмечают патологию крупных суставов нижних конечностей. Современные авторы солидарны с утверждением В.О. Маркса о том, что расхождения в длине ног более 2,0 см часто является проблемой, но существуют свидетельства того, что это неравенство всего в 5 мм может привести к ортопедической патологии [36]. К аналогичным выводам пришли S. Khamis и E. Carmeli [37]. Они провели исследование, посвященное клиническому значению LLD и обнаружили значительную связь между анатомическим LLD и нарушением походки. Полученные данные свидетельствовали о том, что отклонения в походке могут возникать уже при неравенстве длины более 1 см, причем эта выраженность коррелировала с увеличением неравенства длины ног.

Для устранения неравенства длины нижних конечностей ортопеды предлагали различные методики, использование которых зависело от общего уровня развития медицины и ортопедии в частности и, конечно, от собственных предпочтений врача. Например, в дохирургическую эпоху эскулапы пытались консервативно стимулировать рост конечности: производили регулярное «поколачивание» по пятке укороченной конечности. В начале прошлого столетия было предложено наложение жгута на уровне проксимального метафиза голени для создания венозного застоя, продолжительностью 30 мин., и после снятия жгута наступала активная гиперемия конечности, как считалось, это способствовало усилению функции зон роста. Процедуру необходимо было повторять ежедневно на протяжении долгого времени до окончания естественного роста больного. Другие исследователи с целью стимуляции роста укороченной голени, предлагали введение в полость коленного сустава аутокрови и предпринимали попытки стимуляции ростковых зон путем воздействия на них ультрафиолетовых и ультракоротких лучей. Описан метод йодной стимуляции роста укороченной нижней конечности, который заключался в нанесении на кожные покровы коленного сустава настойки йода, что должно было, по мнению авторов, обеспечивать усиленный приток крови в подлежащих тканях и, как следствие, повышение функции ростковых зон [23, 39].

Для компенсации неравенства длины нижних конечностей до сих пор используют консервативные средства (стельки, протез, ортез). Однако, по мнению ряда авторов, длительное и даже многолетнее их применение недостаточно для компенсации биомеханических нарушений [40]. Заслуживают внимания данные Т.М. Campbell et al., которые показали, что компенсация неравенства длины с помощью обувных подъемников у этой категории больных имела низкие результаты для уменьшения боли и улучшения локомоторной функции [41]. Более категоричны в своих выводах Iv. R.L. Cahanin et al., которые считают невозможным устранение LLD консервативными средствами, они также говорят и о сопутствующих постоянных материальных затратах и заключают, что консервативная коррекция может оказаться ненужной и потенциально негативной [42].

Наряду с консервативными методами были предприняты попытки оперативной стимуляции зон роста укороченного сегмента. Так, например, некоторые хирурги предлагали производить продольную остеотомию большеберцовой кости или выполнять перфорацию кортикального слоя вблизи эпифиза. В других случаях применяли так называемую «биогенную стимуляцию», которая заключалась во введении в дистальный метафиз бедра, проксимальный метафиз большеберцовой кости или большой вертел штифта из «бульонной» кости. Эти методы вызывали асептическое воспаление и способствовали увеличению локального кровообращения вблизи ростковой зоны и, следовательно, по мнению авторов, должны были усиливать ее функцию [39, 43, 44]. Все вышеупомянутые мероприятия не давали ожидаемого результата и могли быть использованы только у детей. Это обстоятельство заставило ортопедов искать более эффективные пути решения проблемы. Были предложены новые методы оперативной компенсации неравенства длины нижних конечностей, такие как одномоментное удлинение или укорочение кости (с последующей иммобилизацией конечности), компрессионно-дистракционный остеосинтез (внешний, комбинированный и внутренний остеосинтез) и операции на зонах роста (временный или постоянный эпифизиодез) [23, 25, 39, 43]. Достаточно длительное время ортопеды использовали укорачивающие остеотомии, а некоторые хирурги, хотя и значительно реже, применяют их до сих пор. Общепринятым считается, что максимальное одномоментное оперативное укорочение бедра может составлять 5–6 см, в то время как голени — не более 3 см. Этот вид остеотомии позволяет одномоментно устранить неравенство длины сегментов нижних конечностей, однако является достаточно травматичным в плане оперативной техники и дискуссионным в плане обоснования его

применения. Основным недостатком укорачивающих методик при устранении неравенства длины сегментов нижних конечностей авторы видят в том, что в большинстве случаев вынуждены оперировать здоровый сегмент, и в настоящее время этот вид оперативного вмешательства ортопеды используют крайне редко [6, 23, 45].

Впервые в ортопедической практике одномоментную удлиняющую остеотомию применил русский хирург А.С. Дмитриев в 1891 г. Он выполнил Z-образную удлиняющую остеотомию бедренной кости с последующей иммобилизацией. Однако этот метод не нашел широкого применения ввиду ограниченных возможностей величины удлинения [37, 38]. Согласно исследованиям L.C. Abbott и О.А. Малахова, в начале XX века многие ортопеды пытались выполнять операции по удлинению нижних конечностей [23, 43]. Так, в 1923 г. Bier опубликовал свои данные об опыте удлинения у семи больных. A Jones и Lovett в 1929 году производили удлинение бедер на величину от 6 до 10 см. Также отмечается, что в 1937 г. Н.А. Богораз впервые в России предпринял попытку оперативного увеличения роста. При этом авторы указывали на высокий уровень сложности течения лечебного процесса и значительное количество послеоперационных осложнений [23, 43]. Общепринятым считается мнение, что вид остеотомии влияет на остеорегенерацию, создавая различные условия для формирования костной мозоли. По мнению многих исследователей, косая или Z-образная остеотомия кости создают оптимальные условия для регенерации при условии, что длина остеотомии превышает предполагаемое удлинение на величину от 2 до 5 см. Для улучшения пространственной ориентации костных фрагментов, влияющей на прочность костной мозоли, ортопеды стали использовать сложные сечения кости (полигональные и фигурные), которые были не только трудновыполнимыми, но и высокотравматичными. Предложено более 40 различных способов остеотомии, включая ряд ступенчатых и «языкообразных», которые в большинстве своем применялись только авторами [4, 32, 39, 46]. Мы встретили противоречивые данные определяющего влияния остеотомий на формирование дистракционного регенерата. Исследователи обосновывают достоинства используемого ими вида остеотомии, исходя из личных предпочтений, сложившихся национальных традиций и ортопедических школ. N. Nahm, L.R. Boyce Nichols, описывая чрескожную остеотомию в детской ортопедии как низкоэнергетическую и сохраняющую кровоснабжение, рассматривают преимущества и показания для различных видов остеотомий, включая остеотомию с множеством отверстий, кортикотомию и остеотомию Gigli. При этом авторы считают, что некоторые виды остеотомий являются технически сложными и должны выполняться только опытными хирургами [47].

Отдельного внимания заслуживает тема величины одномоментного удлинения и её взаимосвязи с частотой осложнений. Так, G. Burnei et al. привели анализ своей 25-летней клинической работы, в которой величина удлинения сегмента нижней конечности варьировала от 3 до 17 см, самая большая величина удлинения одного сегмента составила 20 см за два этапа лечения, а наибольшее общее удлинение для всей нижней конечности составило 25 см. При этом авторы пришли к выводу, что при удлинении конечности до 5 см наступала быстрая консолидация дистракционного регенерата, а частота осложнений была минимальной. Удлинение более 5 см требовало хорошей психологической подготовки больного и тщательного врачебного контроля. Для удлинения более 10 см они рекомендовали выполнять двойную кортикотомию и использовать интрамедуллярную фиксацию с иммобилизацией соседних суставов. Авторы пришли к выводу, что хорошие результаты восстановления равенства длины конечностей можно получить с помощью внешнего фиксатора Илизарова, а временный эпифизиодез в возрасте 10–12 лет является наименее агрессивным и достаточно эффективным методом лечения. В заключение исследователи выразили мнение, что устранение неравенства длины нижних конечностей путем сегментарной резекции должно «устареть» [48].

Неудовлетворительные результаты одномоментной коррекции неравенства длины нижних конечностей заставили ортопедов искать более совершенные пути достижения результата, в основе которых лежит постепенное растягивающее воздействие на фрагменты остеотомированной кости. Наиболее ранние способы оперативного удлинения сводились к попыткам «растянуть» конечность за счет остеотомии кости и последующего скелетного вытяжения за ее дистальный фрагмент путем использования груза, доходящего у взрослых больных до 15–20 кг. Подобные операции также не получили широкого распространения в связи с их высокой травматичностью, нестабильным положением костных фрагментов и частыми осложнениями, что в большинстве случаев не позволяло достигать запланированного удлинения конечности. Немаловажным фактором этого способа удлинения была длительная гипомобильность больного: он долгое время был прикован к постели в вынужденном положении [5, 23, 39, 43, 44].

На смену скелетному вытяжению при удлинении сегментов нижних конечностей пришли дистракционные аппараты, количество которых в настоящее время перешагнуло далеко за 1000. Эти устройства условно можно разделить на семь типов: моно- и билатеральные аппараты, арочные (секторальные) и полуциркулярные, циркулярные и комбинированные (гибридные) аппараты, интрамедуллярные

дистракторы. Из множества предлагаемых аппаратов наиболее широкое распространение в мире получил аппарат наружной фиксации советского доктора Г.А. Илизарова, разработанный им в 50-х годах прошлого века. Одновременно Г.А. Илизаровым был разработан принципиально новый метод лечения ортопедотравматологических больных. Метод Илизарова основан на использовании природных физиологических факторов в тканях оперированной конечности, возникающих в ответ на направленно создаваемое дистракционное или компрессионное напряжение. А поддержание усилий в аппарате в течение необходимого времени обеспечивает возможность дозированной коррекции оперированного сегмента, включая восстановление длины и биомеханической оси [7, 38, 45, 49]. Кроме того, остеосинтез по Илизарову позволяет управлять процессом дистракции, дает возможность одновременного удлинения и коррекции многоплоскостных деформаций. Многие современные авторы утверждают, что метод Илизарова всесторонне решает проблемы, связанные с укорочением и деформациями нижних конечностей, несмотря на трудности его применения [20, 25, 26, 39, 45, 50–56]. Процесс удлинения методом Илизарова предусматривает соблюдение многих нюансов: обеспечение стабильной фиксации системы «сегмент–аппарат»; сохранение остеогенных тканей и условий кровоснабжения удлиняемого сегмента; соблюдение протокола удлинения; контроль коррекционных усилий и функциональной нагрузки оперированной конечности; поддержание гармоничного общесоматического баланса в системе «больной–аппарат» в течение всего срока остеосинтеза [4, 5, 25, 46, 57–61].

Проблема коррекции длины конечностей, по данным доступной литературы, имеет без малого вековую историю и претерпела множество эволюционных усовершенствований. Каждая из предложенных методик предполагала либо определенные модификации уже существующих подходов, либо использование новых методологических и технологических приемов и устройств, и обладала как определенными достоинствами, так и недостатками. Однако все предложенные в «доилизаровскую» эпоху технологии не обладали универсальностью, что предопределяло невозможность их широкого использования в клинической практике при решении конкретных клинических задач. Методология Илизарова, в основе которой лежат естественные биологические процессы и закономерности, позволяет создать оптимальные условия для регенерации тканей при удлинении, а конструктивные особенности и модификации аппарата обеспечивают сохранение стабильности на протяжении всего времени, необходимого для органотипической перестройки вновь образованных тканей. Таким образом, основываясь на анализе изученной литературы, можно с уверенностью сказать, что на сегодняшний день превалирующим мнением среди ортопедов мира является то, что из множества существующих подходов коррекции длины конечностей по-прежнему наиболее эффективным является метод чрескостного остеосинтеза по Илизарову.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эволюция удлинения конечностей имеет долгую историю исследований, «борьбы» методик, совершенствования и непрерывного обучения, а устранение LLD до сих пор остается одной из актуальнейших проблем ортопедии, особенно в случаях сочетания с коррекцией многоплоскостных деформаций. Консервативное лечение LLD может рассматриваться как один из этапов реабилитации, так как, несмотря на разработанные средства консервативного лечения LLD, их применение не приводит к должному результату, и приоритетом в решении этой проблемы является оперативное лечение. Разработанные в 50-х годах прошлого века аппарат и метод Илизарова явились эпохальным событием в устранении LLD и постоянно продолжают свое перманентное развитие и совершенствование.

Конфликт интересов. Авторы заявляют о потенциальном отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проводилось без привлечения внешних источников финансирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ковалева М.А., Головкова Е.В., Яхонтов В.И. Лазерный хромофоре́з геля "Реликт-05" в лечении абсолютного укорочения костей нижних конечностей у детей и подростков. *XX Межрегиональная научно-практическая конференция реабилитологов Дальнего Востока "Развитие медицинской реабилитации на Дальнем Востоке", 04 апреля 2019 г.* Хабаровск; 2019:72–76.
2. Pawik Ł, Pawik M, Wrzosek Z, et al. Assessment of the quality of life in patients with varying degrees of equalization of lower limb length discrepancy treated with Ilizarov method. *J Orthop Surg Res.* 2021;16(1):62. doi: 10.1186/s13018-021-02202-1
3. Chhina H, Klassen AF, Kopec JA, et al, Aggarwal A, Nunn T, Cooper AP. What matters to children with lower limb deformities: an international qualitative study guiding the development of a new patient-reported outcome measure. *J Patient Rep Outcomes.* 2021;5(1):30. doi: 10.1186/s41687-021-00299-w
4. *Врожденное укорочение нижних конечностей у детей.* Под ред. А.В. Попкова. Челябинск: 2011:510.
5. Каплунов О.А. Каплунов А.Г., Шевцов В.И. *Косметическая коррекция формы и длины ног.* М.: ГЕОТАР-Медиа, 2010:160.
6. Артемьев А.А., Архипов Д.М., Барановский Ю.Г. и др. *Эстетическая и реконструктивная хирургия нижних конечностей.* Под ред. А.А. Артемьева. М.: ГЕОТАР-Медиа; 2008:248.

7. Csernátóny Z, Kiss L, Manó S, et al. Multilevel callus distraction: a novel idea to shorten the lengthening time. *Med Hypotheses*. 2003;60(4):494-497. doi: 10.1016/s0306-9877(02)00432-2
8. Paley D., Herzenberg J.E. *Principles of Deformity Correction*. Berlin: Springer-Verlag, 2002:307-346.
9. Parmaksizoglu F, Koprulu AS, Unal MB, Cansu E. Early or delayed limb lengthening after acute shortening in the treatment of traumatic below-knee amputations and Gustilo and Anderson type IIIC open tibial fractures: The results of a case series. *J Bone Joint Surg Br*. 2010;92(11):1563-1567. doi: 10.1302/0301-620X.92B11.23500
10. Perttunen JR, Anttila E, Södergård J, et al. Effect of intramedullary gradual elongation of the shorter limb on gait patterns. *Pediatr Int*. 2003;45(3):324-332. doi: 10.1046/j.1442-200x.2003.01712.x
11. Krieg AH, Lenze U, Speth BM, Hasler CC. Intramedullary leg lengthening with a motorized nail. *Acta Orthop*. 2011;82(3):344-350. doi: 10.3109/17453674.2011.584209
12. Bidwell JP, Bennet GC, Bell MJ, Witherow PJ. Leg lengthening for short stature in Turner's syndrome. *J Bone Joint Surg Br*. 2000;82(8):1174-1176. doi: 10.1302/0301-620x.82b8.9688
13. Jasiewicz B, Kacki W, Konarski A, et al. Leg lengthening in patients with congenital fibular hemimelia. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2002;4(4):413-420.
14. Takata M, Watanabe K, Matsubara H, et al. Lengthening of the normal tibia in a patient with hemihypertrophy caused by Klippel-Trenaunay-Weber syndrome: a case report. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2011;19(3):359-363. doi: 10.1177/230949901101900320
15. Märtson A, Haviko T, Kirjanen K. Extensive limb lengthening in Ollier's disease: 25-year follow-up. *Medicina (Kaunas)*. 2005;41(10):861-866.
16. Jablonski M, Posturzyńska A, Gorzelak M, et al. Problem and tolerance of leg lengthening after total hip replacement. *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol*. 2008;73(6):351-354.
17. Schiedel F, Rödl R. Lower limb lengthening in patients with disproportionate short stature with achondroplasia: a systematic review of the last 20 years. *Disabil Rehabil*. 2012;34(12):982-987. doi: 10.3109/09638288.2011.631677
18. Sułko J, Radło W. Limb lengthening in children with osteogenesis imperfecta. *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol*. 2005;70(4):243-247. (in Polish)
19. Chen D, Chen J, Jiang Y, Liu F. Tibial lengthening over humeral and tibial intramedullary nails in patients with sequelae of poliomyelitis: a comparative study. *Int Orthop*. 2011;35(6):935-940. doi: 10.1007/s00264-010-1032-6
20. Watanabe K, Tsuchiya H, Sakurakichi K, et al. Treatment of lower limb deformities and limb-length discrepancies with the external fixator in Ollier's disease. *J Orthop Sci*. 2007;12(5):471-475. doi: 10.1007/s00776-007-1163-9
21. Wu CC, Chen WJ. Tibial lengthening: technique for speedy lengthening by external fixation and secondary internal fixation. *J Trauma*. 2003 Jun;54(6):1159-1165; discussion 1165. doi: 10.1097/01.TA.0000046254.92637.19
22. Проценко В.Н. Сколиоз, или одинаковая ли длина ног у современного человека? *Мануальная терапия*. 2012;(1):69-80.
23. Малахов О.А., Кожевников О.В. *Неравенство длины нижних конечностей у детей (клиническая картина, диагностика, лечение)*. М.: Медицина; 2008:365.
24. Маркс В.О. *Ортопедическая диагностика*. Минск, Наука и техника; 1978:511.
25. Соломин Л.Н. *Основы чрескостного остеосинтеза аппаратом Г.А. Илизарова*. СПб.: МОПСР АВ; 2005:544.
26. Birch JG, Samchukov ML. Use of the Ilizarov method to correct lower limb deformities in children and adolescents. *J Am Acad Orthop Surg*. 2004;12(3):144-54. doi: 10.5435/00124635-200405000-00002
27. Nakase T, Kitano M, Kawai H, et al. Distraction osteogenesis for correction of three-dimensional deformities with shortening of lower limbs by Taylor Spatial Frame. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2009;129(9):1197-1201. doi: 10.1007/s00402-008-0702-y
28. Iobst C. Limb lengthening combined with deformity correction in children with the Taylor Spatial Frame. *J Pediatr Orthop B*. 2010;19(6):529-534. doi: 10.1097/BPB.0b013e32833dec43
29. Kenawey M, Krettek C, Liodakis E, et al. Leg lengthening using intramedullary skeletal kinetic distractor: results of 57 consecutive applications. *Injury*. 2011;42(2):150-5. doi: 10.1016/j.injury.2010.06.016
30. Lenze U, Hasler CC, Krieg AH. Intramedullary motorized nail for equalization of posttraumatic leg length discrepancies. *Unfallchirurg*. 2011 Jul;114(7):604-10. (In German) doi: 10.1007/s00113-010-1820-x
31. Schep NW, van Lieshout EM, Patka P, Vogels LM. Long-term functional and quality of life assessment following post-traumatic distraction osteogenesis of the lower limb. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2009;4(3):107-112. doi: 10.1007/s11751-009-0070-3
32. Hahn SB, Park HW, Park HJ, et al. Lower limb lengthening in turner dwarfism. *Yonsei Med J*. 2003;44(3):502-507. doi: 10.3349/ymj.2003.44.3.502
33. Niedzielski K, Synder M, Borowski A. Distraction epiphysiolysis in the treatment of uneven limb length. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2002;4(4):459-463.
34. Simpson AH, Shalaby H, Keenan G. Femoral lengthening with the Intramedullary Skeletal Kinetic Distractor. *J Bone Joint Surg Br*. 2009;91(7):955-961. doi: 10.1302/0301-620X.91B7.21466
35. Колчев О.В., Борзунов Д.Ю. Устранение врожденного укорочения нижней конечности (историческая справка). *Гений ортопедии*. 2010;(1):140-146.
36. Gordon JE, Davis LE. Leg Length Discrepancy: The Natural History (And What Do We Really Know). *J Pediatr Orthop*. 2019;39(Issue 6, Supplement 1 Suppl 1):S10-S13. doi: 10.1097/BPO.0000000000001396
37. Khamis S, Carmeli E. Relationship and significance of gait deviations associated with limb length discrepancy: A systematic review. *Gait Posture*. 2017;57:115-123. doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.05.028
38. Девятков А.А. *Чрескостный остеосинтез*. Кишинев: Штиинца; 1990:315.
39. Шевцов В.И., Попков А.В. *Оперативное удлинение нижних конечностей*. М.: Медицина; 1998:192.
40. Hasler CC, Krieg AH. Current concepts of leg lengthening. *J Child Orthop*. 2012;6(2):89-104. doi: 10.1007/s11832-012-0391-5
41. Campbell TM, Ghaedi BB, Tanjong Ghogomu E, Welch V. Shoe Lifts for Leg Length Discrepancy in Adults With Common Painful Musculoskeletal Conditions: A Systematic Review of the Literature. *Arch Phys Med Rehabil*. 2018;99(5):981-993. e2. doi: 10.1016/j.apmr.2017.10.027

42. Cahanin Iv RL, Jefferson JR, Flynn TW, Goyeneche N. Pain and physical performance among recreational runners who receive a correction for an iliac crest height difference: a case series. *Int J Sports Phys Ther.* 2019;14(5):794-803.
43. Abbott LC. The operative lengthening of the tibia and fibula. *J Bone Joint Surg Am.* 1927;9(1):128-152.
44. Sailhan F. Bone lengthening (distraction osteogenesis): a literature review. *Osteoporos Int.* 2011;22(6):2011-2015. doi: 10.1007/s00198-011-1613-2
45. Голяховский В., Френкель В. *Руководство по чрескостному остеосинтезу методом Илизарова*. Пер. с англ. М.: БИ-НОМ; 1999:272.
46. Ли А.Д., Баширов Р.С. *Руководство по чрескостному компрессионно-дистракционному остеосинтезу*. Томск, 2002:310.
47. Nahm N, Boyce Nichols LR. Percutaneous Osteotomies in Pediatric Deformity Correction. *Orthop Clin North Am.* 2020;51(3):345-360. doi: 10.1016/j.ocl.2020.03.001
48. Burnei G, Vlad C, Gavrilu S, et al. Upper and lower limb length equalization: diagnosis, limb lengthening and curtailment, epiphysiodesis. *Rom J Intern Med.* 2012;50(1):43-59.
49. Илизаров Г.А. *Способ сращения костей при переломах и аппарат для осуществления этого способа*. А.С. СССР № 98471. 17.08.1954. Бюл. № 6. Доступно по: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet. Ссылка активна на 1.08.2023.
50. Javid M, Shahcheraghi GH, Nooraie H. Ilizarov lengthening in centralized fibula. *J Pediatr Orthop.* 2000;20(2):160-162.
51. Kawoosa AA, Butt MF, Halwai MA. Deformity correction and massive lengthening on a centralized fibula with the Ilizarov technique. *Acta Orthop Belg.* 2008;74(5):704-708.
52. Catagni MA, Radwan M, Lovisetti L, et al. Limb lengthening and deformity correction by the Ilizarov technique in type III fibular hemimelia: an alternative to amputation. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469(4):1175-1180. doi: 10.1007/s11999-010-1635-7
53. Oostenbroek HJ, Brand R, van Roermund PM. Growth rate after limb deformity correction by the Ilizarov method with or without knee joint distraction: lengthening in 30 children followed for at least 2 years. *Acta Orthop.* 2009;80(3):338-343. doi: 10.3109/17453670903025345
54. Rozbruch SR, Fragomen AT, Ilizarov S. Correction of tibial deformity with use of the Ilizarov-Taylor spatial frame. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88 Suppl 4:156-174. doi: 10.2106/JBJS.F.00745
55. Ariyawatkul T, Kaewpornawan K, Chotigavanichaya C, Eamsobhana P. The Results of Lengthening in Congenital Posteromedial Angulation of Tibia. *J Med Assoc Thai.* 2016;99(10):1137-1141.
56. Меркулов В.Н., Цыкунов М.Б., Дорохин А.И., Дуйсенов Н.Б. Лечение посттравматических деформаций и укорочения конечностей у детей и подростков. *Вестник РГМУ.* 2009;(5):25-28.
57. Илизаров Г.А., Девятков А.А. Оперативное удлинение голени. *Ортопедия, травматология и протезирование.* 1971;32(8):20-25.
58. Колчев О.В., Борзунов Д.Ю. Рост и развитие врожденно укороченной голени после удлинения по Г.А. Илизарову. *Гений ортопедии.* 2009;(4):34-38.
59. Попков А.В. Современные принципы лечения больных с укорочениями конечностей. *Гений ортопедии.* 1998;(4):97-101.
60. Смелышев Н.Н., Герасимов Д.В. *Руководство по чрескостному остеосинтезу*. Костанай: Костанайполиграфия; 2010:260.
61. Стецула В.И., Веклич В.В. *Основы управляемого чрескостного остеосинтеза*. М.: Медицина; 2003:224.

Статья поступила 15.05.2023; одобрена после рецензирования 19.07.2023; принята к публикации 24.02.2024.

The article was submitted 15.05.2023; approved after reviewing 19.07.2023; accepted for publication 24.02.2024.

Информация об авторах:

Константин Игорьевич Новиков — доктор медицинских наук, профессор, врач травматолог-ортопед, ведущий научный сотрудник, kinovikov@mail.ru;

Элина Сергеевна Комарова — врач травматолог-ортопед, врач эксперт, руководитель филиала;

Сергей Владимирович Колесников — врач травматолог-ортопед;

Олег Владимирович Климов — доктор медицинских наук, врач травматолог-ортопед;

Константин Сергеевич Сергеев — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой.

Information about authors:

Konstantin I. Novikov — Doctor of Medical Sciences, Professor, traumatologist-orthopedist, leading researcher, kinovikov@mail.ru;

Elina S. Komarova — traumatologist-orthopedist, expert doctor, head of the branch;

Sergei V. Kolesnikov — traumatologist-orthopedist;

Oleg V. Klimov — Doctor of Medical Sciences, traumatologist-orthopedist;

Konstantin S. Sergeev — Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department.