

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto609554>

Эффективность управляемого роста в коррекции неравенства длины нижних конечностей в рамках многоуровневых одномоментных ортопедических вмешательств у детей с гемипаретическими формами церебрального паралича

У.Ф. Мамедов¹, А.Д. Томов², О.И. Гатамов¹, Д.А. Попков^{1,2}¹ Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Г.А. Илизарова, Курган, Россия;² Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Многоуровневые одномоментные ортопедические вмешательства при гемипаретических формах детского церебрального паралича подразумевают не только коррекцию ортопедических осложнений на вовлечённой конечности, но и уравнивание или уменьшение неравенства длины конечностей. Остаётся неизвестной оценка эффективности коррекции неравенства длины конечностей методикой управляемого роста при одновременном улучшении функции вовлечённой конечности выполнением многоуровневого ортопедического вмешательства.

Цель. Анализ параметров коррекции неравенства длины сегментов нижних конечностей методом управляемого роста у детей со спастической гемиплегией в рамках многоуровневых ортопедических вмешательств.

Материалы и методы. Результаты коррекции неравенства длины нижних конечностей методом управляемого роста (экстрафизарного эпифизиодеза), выполненной в рамках многоуровневых одномоментных вмешательств, были изучены у 24 детей со спастической гемиплегией.

Результаты. Длительность коррекции составила в среднем 18 месяцев при выполнении операции на бедре и 18,5 месяца при торможении роста на голени. В целом, учитывая длину сегментов и бедра, и голени, достигнутая коррекция была вполне удовлетворительной. До операции разница в суммарной длине бедра и голени составляла 18 (11÷23) мм, а после периода коррекции — 4 (–4,5÷5,75) мм. Интересно отметить, что при выполнении эпифизиодеза до возраста 11 лет присутствует тенденция гиперкоррекции укорочения вовлечённой конечности при учёте разницы в длине сегмента «бедро–голень». По мере увеличения возраста в момент вмешательства (особенно во второй половине пубертатного периода) эффективность методики управляемого роста снижается. Во всех случаях, когда величина коррекции составила в итоге менее 1 см, возраст пациентов превышал 144 месяца (12 лет).

Заключение. Учитывая преимущества многоуровневых вмешательств при детском церебральном параличе, выполнение управляемого роста в рамках единой операции с реконструктивными элементами на вовлечённой конечности является предпочтительным. Контролируемый и обратимый характер экстрафизарного временного эпифизиодеза позволяет достичь требуемой коррекции без высоких рисков избыточного торможения роста. Выполнение операции управляемого роста предпочтительнее не позднее возраста 12–13 лет, учитывая остаточный потенциал роста.

Ключевые слова: спастическая гемиплегия; управляемый рост; многоуровневые одномоментные вмешательства.

Как цитировать:

Мамедов У.Ф., Томов А.Д., Гатамов О.И., Попков Д.А. Эффективность управляемого роста в коррекции неравенства длины нижних конечностей в рамках многоуровневых одномоментных ортопедических вмешательств у детей с гемипаретическими формами церебрального паралича // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 1. С. 45–54. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto609554>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto609554>

The effectiveness of controlled growth in correcting the inequality of the length of the lower extremities in the framework of multi-level simultaneous orthopedic interventions in children with hemiparetic forms of cerebral palsy

Ulvi F. Mamedov¹, Ahmed D. Tomov², Orkhan I. Gatamov¹, Dmitry A. Popkov^{1,2}

¹ Ilizarov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia;

² Priorov Central Institute for Trauma and Orthopedics, Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION: Multilevel simultaneous orthopedic interventions in hemiparetic cerebral palsy imply correction of orthopedic complications on the involved limb and equalization or reduction of the inequality of the limb length. The effectiveness of correcting the inequality of limb length by controlled growth while improving the function of the involved limb by performing a multilevel orthopedic intervention remains unknown.

AIM: To analyze the parameters of correction of the inequality of the length of the segments of the lower extremities using controlled growth in children with spastic hemiplegia in the framework of multilevel orthopedic interventions.

MATERIALS AND METHODS: In 24 children with spastic hemiplegia, the results of correction of the inequality of the length of the lower extremities by controlled growth (extraphyseal epiphysiodesis) performed within the framework of multilevel simultaneous interventions were studied.

RESULTS: The duration of correction was, on average, 18 months during hip surgery and 18.5 months with growth inhibition in the lower leg. Generally, considering the length of the segments of both the thigh and lower leg, the correction achieved was relatively satisfactory. Preoperatively, the difference in the total length of the thigh and lower leg was 18 mm (11–23), and after the correction period, it was 4 mm (–4.5–5.75). In performing epiphysiodesis before age 11 years, hypercorrection of the shortening of the involved limb may occur, considering the difference in the length of the thigh–shin segment. As age increases at the time of intervention (especially in the second half of puberty), the effectiveness of the controlled growth technique decreases. In all cases, when the correction value was <1 cm, patients' age exceeded 144 months (12 years).

CONCLUSION: Given the advantages of multilevel interventions in cerebral palsy, performing controlled growth within a single operation with reconstructive elements on the involved limb is preferable. The controlled and reversible nature of extraphyseal temporary epiphysiodesis is beneficial in achieving the required correction without high risks of excessive growth inhibition. Performing a controlled growth operation is preferable when the patient is ≤12–13 years old, considering the residual growth potential.

Keywords: spastic hemiplegia; guided growth; single-event multilevel surgery.

To cite this article:

Mamedov UF, Tomov AD, Gatamov OI, Popkov DA. The effectiveness of controlled growth in correcting the inequality of the length of the lower extremities in the framework of multi-level simultaneous orthopedic interventions in children with hemiparetic forms of cerebral palsy. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(1):45–54. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto609554>

Received: 15.10.2023

Accepted: 14.11.2023

Published online: 04.03.2024

ОБОСНОВАНИЕ

Частота встречаемости гемипаретических форм церебрального паралича у детей доходит до 15,3% [1, 2]. Возникающие глобальные двигательные нарушения, как правило, относятся к уровням I–II по классификации Gross Motor Function Classification System (GMFCS) [3]: 87,8% — уровень I, 7,1% — уровень II по GMFCS [2].

Многоуровневые одномоментные ортопедические вмешательства при гемипаретических формах детского церебрального паралича (ДЦП) подразумевают не только коррекцию ортопедических осложнений на вовлечённой конечности, но и уравнивание или уменьшение неравенства длины конечностей [4–6].

Необходимость коррекции неравенства длины нижних конечностей при спастических гемипарезах у детей обусловлена зависимыми нарушениями походки: при величине укорочения 1 см и более при ходьбе босиком обнаружили снижение скорости ходьбы и длины шага [7], разница в длине 1 см и более предрасполагает к рецидиву эквинусной контрактуры после первичного её устранения [8]. Кроме того, до настоящего времени неизвестен эффект одновременной многоуровневой коррекции ортопедических осложнений ДЦП (контрактур, деформаций) и, соответственно, улучшения функции вовлечённой конечности на параметры уравнивания длины конечностей при одновременном использовании методики управляемого роста.

Цель исследования — анализ параметров коррекции неравенства длины сегментов нижних конечностей методом управляемого роста у детей со спастической гемиплегией в рамках многоуровневых ортопедических вмешательств.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Работа построена на основании анализа лечения 24 пациентов, которым выполнялось оперативное лечение в период с 2017 по 2022 г.

Критерии соответствия

Критерием включения в данное исследование являлся диагноз церебрального паралича (G80.2) по Международной классификации болезней [9] у детей в возрасте менее 15 лет, когда рентгенологически определялись открытые зоны роста области коленного сустава контралатеральной (здоровой) конечности.

Обязательным условием являлась возможность стандартной рентгеновской оценки длины сегментов нижних конечностей перед операцией, а также после завершения применения пластин управляемого роста (их удаления), когда рентген-телеметрия выполнялась с расстояния не менее 250 см у детей в вертикальной позе и при возможности полного разгибания коленных суставов [10].

Соответственно, из исследования исключены дети с иными диагнозами, случаи, когда не производились вмешательства на вовлечённой конечности, дети старше 15 лет либо случаи, когда было невозможно выполнение рентгеновского исследования по вышеуказанным критериям.

Условия проведения

Все оперативные вмешательства проводились в НИИЦ ТО им. Г.А. Илизарова. Для выполнения данного исследования и лечения необходимо наличие в стационаре возможности осуществления обзорной рентгенографии конечностей для оценки разницы их длины и наличие в операционной электронного оптического преобразователя.

Описание медицинского вмешательства

Выполненные оперативные вмешательства подразумевали коррекцию контрактур и деформаций на вовлечённой конечности за счёт многоуровневых ортопедических вмешательств и одновременное выполнение методики временного торможения роста на здоровой конечности. Через два доступа с медиальной и латеральной сторон накладывалась 8-образная пластина и фиксировалась соответственно к эпифизу и метафизу кости под многоуровневой рентгеноскопией.

При анализе эффективности методики управляемого роста исследовали:

- изменения длины сегментов (здорового с торможением роста и контралатерального) в период наблюдения;
- скорость торможения роста оперированного сегмента здоровой конечности (мм/мес) [11];
- сопоставление скорости торможения роста в зависимости от возраста (выраженного в месяцах) выполнения операции;
- достижение планируемой коррекции неравенства длины конечностей.

Для оценки результатов лечения данная публикация учитывает критерии оценки по шкале Gillette [12]. Более детальный анализ параметров движений и объективной оценки походки, включая компьютерный анализ, требует широкого представления материала, что выходит за рамки данной работы и требований формата статьи.

Оперативное вмешательство выполнялось по методике экстрафизарного временного блокирования роста [13] с использованием отечественных титановых пластин (разработчик — ООО «Метис», г. Томск).

Отметим, что ввиду обратимости процедуры управляемого роста, а также целесообразности выполнения её совместно с ортопедическими элементами операции на вовлечённой конечности (под единственной анестезией) изучение костного возраста для определения оптимального момента эпифизиодеза не проводилось.

Статистический анализ

Для статистической обработки данных применяли программу AtteStat 12.0.5. Количественные характеристики выборочных совокупностей представлены в таблицах в виде медианы с уровнем распределения процентилей 25÷75%.

Этическая экспертиза

На проведение исследований было получено разрешение комитета по этике. Исследования проводились в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками от 2000 года, «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными Приказом Минздрава РФ № 266 от 19.06.2003 года. Пациенты или родители пациентов, уполномоченные сотрудники социальных учреждений подтверждали согласие на проведение исследования и публикацию результатов без идентификации личности.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Из серии 54 пациентов детского возраста с ДЦП, прооперированных в период 2017–2022 гг. с применением метода управляемого роста, удалось выделить 24 пациента, соответствующих критериям включения. По уровню нарушения двигательных функций все пациенты были классифицированы как соответствующие уровню I по GMFCS.

В 8 случаях метод управляемого роста применялся на бедре (группа 1), в 15 — на большеберцовой кости (группа 2). В одном случае экстрафизарный эпифизиодез использовали как на бедре, так и на голени, и для анализа сегменты были отнесены к соответствующим группам.

В табл. 1 представлена общая характеристика групп. В табл. 2 приведены параметры эффективности управляемого роста в сравнении с вовлечённой бедренной костью.

В табл. 3 приведены параметры действия управляемого роста на голени.

Рис. 1 и 2 дают представление о зависимости от возраста выполнения операции как скорости торможения роста здорового сегмента (бедро или голени), так и достигнутой величины коррекции.

Очевидно, что по мере увеличения возраста в момент вмешательства (особенно во второй половине пубертатного периода) эффективность методики управляемого роста снижается. Отметим, что во всех случаях, когда величина коррекции составила в итоге менее 1 см, возраст пациентов превышал 144 месяца (12 лет).

В целом, учитывая длину сегментов и бедра, и голени, достигнутая коррекция была вполне удовлетворительной. До операции разница в суммарной длине бедра и голени составляла 18 (11÷23) мм, а после периода коррекции — 4 (–4,5÷5,75) мм. Интересно отметить, что при выполнении эпифизиодеза до достижения возраста 11 лет присутствует тенденция гиперкоррекции укорочения вовлечённой конечности при учёте разницы в длине сегмента «бедро-голень» (рис. 3).

Клинический пример

Пациент, 11 лет и 8 месяцев, с диагнозом «ДЦП, левосторонний гемипарез» поступил в Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии с жалобами на укорочение левой нижней конечности, хромоту и ограничение движений в левом коленном и голеностопном суставах. На обзорной телерентгенограмме нижних конечностей стоя в прямой проекции

Таблица 1. Демографические характеристики групп, длительность применения пластин управляемого роста

Table 1. Demographic characteristics of groups, duration of use of controlled growth plates

Группа	Возраст момента операции, мес	Пол (ж/м)	Длительность эпифизиодеза, мес
1-я (бедро)	142 (109÷156)	2/7	18 (17÷23)
2-я (голень)	144 (107÷154,8)	5/11	18,5 (12,8÷25,5)

Таблица 2. Параметры действия управляемого роста на бедре

Table 2. Controlled growth action parameters on the hip

Разница в длине, мм		Величина коррекции, мм	Скорость коррекции, мм/мес
до операции	на момент удаления пластин		
10,0 (5÷14)	–5,0 (–15,0÷0,0)	20,0 (15÷23)	1,17 (0,88÷1,23)

Таблица 3. Параметры действия управляемого роста на голени

Table 3. Parameters of controlled growth action on the lower leg

Разница в длине, мм		Величина коррекции, мм	Скорость коррекции, мм/мес
до операции	на момент удаления пластин		
10,5 (6÷13,3)	–1,5 (–5,25÷1,25)	16,0 (8÷17,5)	0,67 (0,32÷0,85)

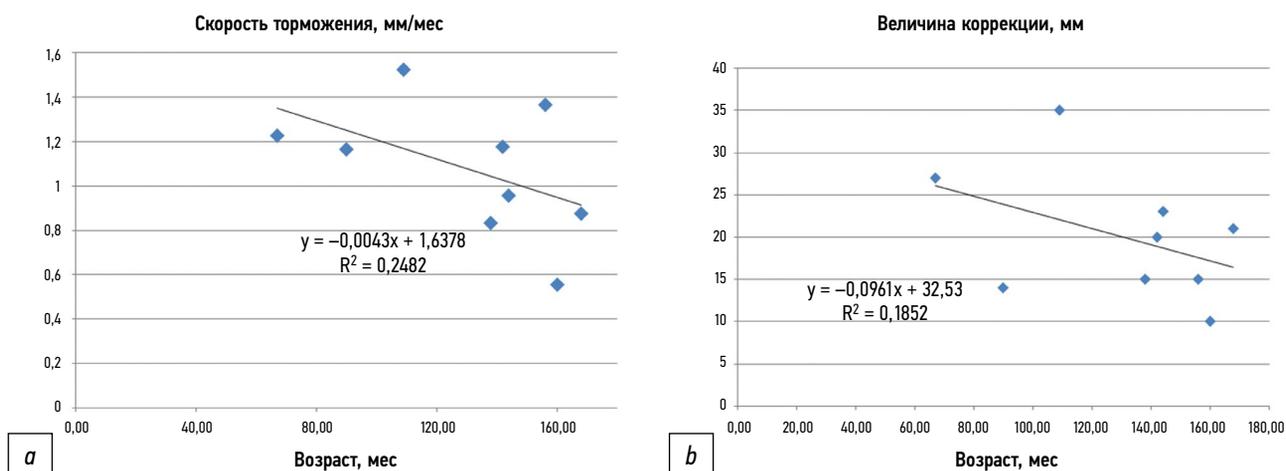


Рис. 1. Зависимость параметров эффективности управляемого роста на бедре: *a* — возраст–скорость торможения; *b* — возраст–величина коррекции.

Fig. 1. Dependence of parameters of the effectiveness of controlled growth on the hip: *a* — age–braking speed; *b* — age–correction value.

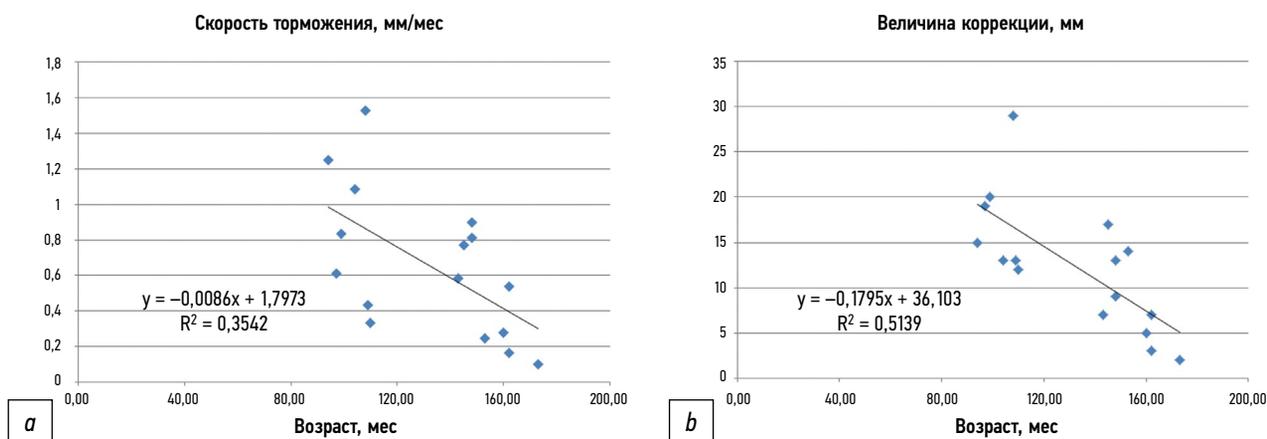


Рис. 2. Зависимость параметров эффективности управляемого роста для большеберцовой кости: *a* — возраст–скорость торможения; *b* — возраст–величина коррекции.

Fig. 2. Dependence of the parameters of the efficiency of controlled growth for the tibia: *a* — age–braking rate; *b* — age–correction value.

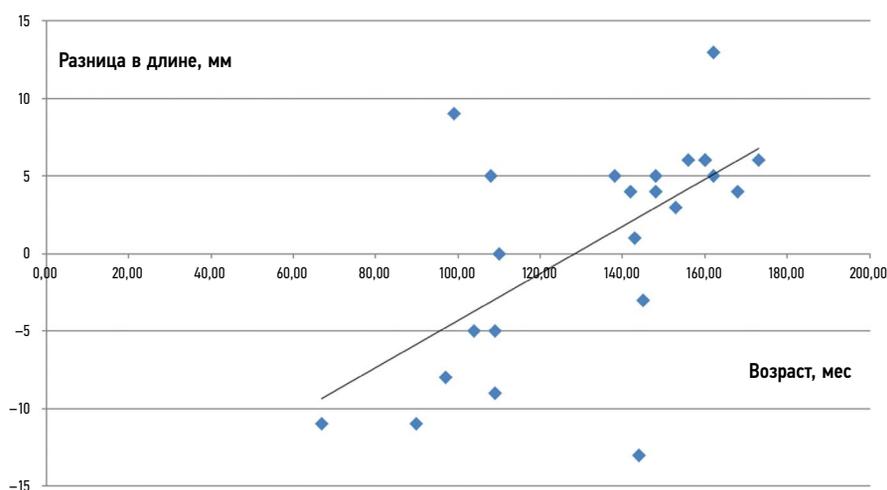


Рис. 3. Суммарная разница в длине сегментов «бедро–голень» здоровой и вовлечённой конечности к моменту удаления пластин управляемого роста.

Fig. 3. The total difference in the length of the thigh–tibia segments of the healthy and involved limb at the time of removal of the controlled growth plates.

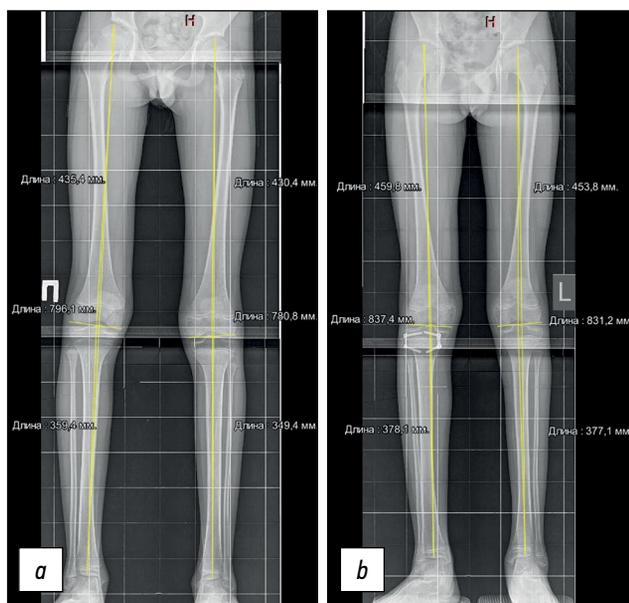


Рис. 4. Телерентгенограмма стоя в прямой проекции: *a* — до операции, *b* — перед удалением металлоконструкции, скорость коррекции составила 10 мес.

Fig. 4. Teleroentgenogram standing in a direct projection: *a* — before surgery, *b* — before removal of the metal structure, the correction rate was 10 months.

было установлено анатомическое укорочение левой нижней конечности на 15 мм (бедро — 5 мм, голень — 10 мм) (рис. 4*a*). За одну операционную сессию было проведено вмешательство на обеих нижних конечностях. Справа выполнен временный экстрафизарный эпифизиодез проксимального отдела правой большеберцовой кости 8-образными пластинами. Слева — тенотомия полусухожильной мышцы, апоневротомия полумембранозной, икроножных мышц по Strayer, укорочение сухожилия задней большеберцовой мышцы за счёт её дублирования. Гипсовая

иммобилизация левой нижней конечности составила 4 недели. Пациенту проводились контрольные измерения на телерентгенограмме нижних конечностей в сроки 6 и 10 месяцев после операции. На 10-й месяц установлена одинаковая длина конечностей, (рис. 4*b*), металлоконструкции с проксимального отдела правой большеберцовой кости были удалены.

В дополнение к аспектам роста сегментов табл. 4 даёт представление об объёме оперативного вмешательства на вовлечённом сегменте в совокупности в каждой группе.

Исходы ортопедических операций на вовлечённой конечности к моменту завершения коррекции неравенства длины соответствовали поставленным задачам у всех пациентов. Суммарно результат многоуровневых вмешательств отражён в улучшении параметров ходьбы. При анализе результатов лечения в данной работе были учтены исходы по шкале Gillette (табл. 5).

Отметим, что благодаря проведённому лечению улучшение функциональных возможностей отмечено у 22 из 24 пациентов (в 91,7% случаев).

ОБСУЖДЕНИЕ

Целью коррекции неравенства длины нижних конечностей при спастических гемипарезах являются профилактика рецидива эквинусной установки стопы [8], улучшение параметров ходьбы [7, 14], предотвращение вторичных деформаций позвоночника [15] и стопы здоровой конечности [6, 7, 16].

Способы устранения неравенства длины различны: управляемый рост или удлинение конечности, и в настоящее время нет однозначных рекомендаций по выбору метода коррекции [6, 7, 15–17]. Тем более, что круг работ по коррекции неравенства длины нижних конечностей у неврологических пациентов весьма ограничен,

Таблица 4. Элементы (количество) оперативного вмешательства на вовлечённой конечности

Table 4. Elements (quantity) of surgical intervention on the involved limb

Группа	Удлинение аддукторов бедра	Удлинение сгибателей голени	Удлинение m. triceps	Укорочение m. tibialis posterior	Таранно-ладьевидный артродез	Подтаранный артрозрез	Деторсионная остеотомия	Реконструкция стопы по Evans
1-я	3	3	9	1	1	1	–	1
2-я	4	4	15	3	1	–	1	3

Таблица 5. Оценка двигательных возможностей по шкале Gillette (указано количество пациентов, двигательные возможности которых соответствовали определённому уровню)

Table 5. Assessment of motor abilities according to the Gillette scale (the number of patients whose motor abilities corresponded to a certain level is indicated)

Период	Уровень Gillette			
	V	VI	VII	VIII
До операции	5	14	4	1
Через 2 года	–	6	13	5

изучаемые серии невелики [6, 15, 18]. И невозможно считать научно обоснованным подходом экстраполяцию результатов применения метода управляемого роста у лиц с врождёнными или посттравматическими укорочениями с прогнозируемым ростом [19, 20] на группу пациентов, у которых разница в длине ног возникает на фоне неврологических заболеваний.

Тем не менее управляемый рост выглядит предпочтительнее с точки зрения меньшего объёма операции и исключения воздействия диафиксирующих элементов аппарата внешней фиксации на вовлечённую конечность. М. Corradin и соавт. [6], применяя управляемый рост, при исходной средней разнице в длине 3–4 см достигли финальной разницы 1–2 см, при этом не наблюдался рецидив увеличения неравенства нижних конечностей в среднем периоде наблюдения 6–7 лет. Коррекция неравенства длины сопровождалась исчезновением компенсаторных чрезмерных сгибательных установок в коленном и тазобедренном суставах и избыточной тыльной флексии стопы на здоровой конечности.

Величина остаточного неравенства при спастической гемиплегии остаётся нерешённым вопросом. Учитывая низкий селективный контроль и слабость тыльных флексоров стопы, М. Corradin и соавт. [6] рекомендуют остаточное неравенство 0,5–1,5 см. С другой стороны, даже неравенство длины 1 см негативно влияет на кинематику таза и позвоночника при ходьбе [15, 18] и по-прежнему имеет показания к компенсации [7, 15]. В нашей серии средняя суммарная разница сегментов бедра–голень к моменту удаления пластин составляла 4 мм, что указывает на управляемость и возможность хорошего контроля за процессом моделирования роста. Тем не менее отметим, что темпы коррекции неравенства длины не линейны, и их значения выше для детей в период до предпубертатного толчка роста.

С этой точки зрения вычисленные среднестатистические темпы коррекции в нашей серии носят ориентировочный характер (для бедра — 1,17 мм/мес, для голени — 0,67 мм/мес) и не рекомендуются как единственный критерий планирования длительности процедуры управляемого роста. В литературе мы нашли немногочисленные источники, указывающие на среднестатистические темпы коррекции при использовании экстрафизарного эпифизиодеза [21] со значениями темпов коррекции длины 0,55 мм/мес для бедра и 0,54 мм/мес для голени [22].

Учитывая обратимый характер экстрафизарного эпифизиодеза [11, 12], вопрос об определении костного возраста в период до предпубертатного скачка роста для выбора оптимального момента расположения имплантатов не имеет решающего значения. Важно избежать позднего выполнения операции торможения роста, чтобы в процессе остаточного роста успеть компенсировать разницу в длине. Наши данные показывают, что риски недостаточной коррекции серьёзно возрастают

после возраста 12–13 лет. Это относится ко второй половине пубертатного ускорения роста на нижних конечностях, когда ускорение продольного роста сменяется его замедлением [23].

Сложностей добавляет и факт, что методология интерпретации костного возраста у детей с односторонними формами спастического паралича противоречива: Т. Erickson и соавт. [24] не определяют влияния стороны гемипареза на установление костного возраста по рентгенограммам кисти, а J.S. Lee и соавт. [25] указывают на отставание значений костного возраста на стороне гемипареза в сравнении с интактной рукой.

Как правило, показания к оперативной коррекции вторичных осложнений ДЦП возникают после возраста 8–10 лет [26, 27]. И именно этот возраст является оптимальным для коррекции неравенства длины за счёт торможения роста [11, 28]. Объединение этих двух элементов выглядит логичным и соответствующим принципам многоуровневого одновременного вмешательства при ДЦП. Наши результаты подтверждают обоснованность такого подхода, находя подтверждение в улучшении двигательных возможностей в период наблюдения не менее 2 лет.

Конечно, одно только устранение неравенства длины конечностей не носит решающего характера в улучшении кинематики движений у ребёнка со спастической гемиплегией, однако является важным элементом, улучшающим параметры движений при ходьбе со стороны как вовлечённой, так и здоровой конечности. Инструментальное исследование данной когорты детей позволит количественно оценить изменения кинематики и кинетики походки. Большое значение имеет и определение неравенства длины на момент закрытия зон роста бедра и голени, что также является задачей продолжения данного исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая преимущества многоуровневых вмешательств при ДЦП, выполнение управляемого роста в рамках единой операции с реконструктивными элементами на вовлечённой конечности является предпочтительным.

Контролируемый и обратимый характер экстрафизарного временного эпифизиодеза позволяет достичь требуемой коррекции без высоких рисков избыточного торможения роста.

Выполнение операции управляемого роста предпочтительнее в возрасте не позднее 12–13 лет, учитывая остаточный потенциал роста.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли

существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведённым исследованием и публикацией настоящей статьи.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных и фотографий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Mushta S.M., King C., Goldsmith S., et al. Epidemiology of Cerebral Palsy among Children and Adolescents in Arabic-Speaking Countries: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Brain Sci.* 2022. Vol. 12, № 7. P. 859. doi: 10.3390/brainsci12070859
- Gorter J.W., Rosenbaum P.L., Hanna S.E., et al. Limb distribution, motor impairment, and functional classification of cerebral palsy // *Dev Med Child Neurol.* 2004. Vol. 46, № 7. P. 461–7. doi: 10.1017/s0012162204000763
- Palisano R.J. Validation of a model of gross motor function for children with cerebral palsy // *Phys Ther.* 2000. Vol. 80, № 10. P. 974–85. EDN: EPVAHZ
- Joo S., Miller F. Abnormalities in the uninvolved foot in children with spastic hemiplegia // *J Pediatr Orthop.* 2012. Vol. 32, № 6. P. 605–8. doi: 10.1097/BPO.0b013e318263a245
- Riad J., Finnbogason T., Broström E. Leg length discrepancy in spastic hemiplegic cerebral palsy: a magnetic resonance imaging study // *J Pediatr Orthop.* 2010. Vol. 30, № 8. P. 846–50. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181fc35dd
- Corradin M., Schiavon R., Borgo A., et al. The effects of uninvolved side epiphysiodesis for limb length equalization in children with unilateral cerebral palsy: clinical evaluation with the Edinburgh visual gait score // *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2018. Vol. 28, № 5. P. 977–984. doi: 10.1007/s00590-017-2097-3
- Eek M.N., Zügner R., Stefansdottir I., Tranberg R. Kinematic gait pattern in children with cerebral palsy and leg length discrepancy: Effects of an extra sole // *Gait Posture.* 2017. Vol. 55. P. 150–156. doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.04.022
- Sala D.A., Grant A.D., Kummer F.J. Equinus deformity in cerebral palsy: recurrence after tendo Achillis lengthening // *Dev Med Child Neurol.* 1997. Vol. 39, № 1. P. 45–8. doi: 10.1111/j.1469-8749.1997.tb08203.x
- CMS.gov [Internet]. 2018 ICD-10 CM and GEMs. Режим доступа: <https://www.cms.gov/Medicare/Coding/ICD10/2018-ICD-10-CM-and-GEMs.html>
- Popkov D., Lascombes P., Berte N., et al. The normal radiological anteroposterior alignment of the lower limb in children // *Skeletal Radiol.* 2015. Vol. 44, № 2. P. 197–206. doi: 10.1007/s00256-014-1953-z
- Journeau P. Update on guided growth concepts around the knee in children // *Orthop Traumatol Surg Res.* 2020. Vol. 106 Suppl 1. P. S171–S180. doi: 10.1016/j.otsr.2019.04.025
- Novacheck T.F., Stout J.L., Tervo R. Reliability and validity of the Gillette Functional Assessment Questionnaire as an outcome measure in children with walking disabilities // *J Pediatr Orthop.* 2000. Vol. 20, № 1. P. 75–81.
- Stevens P.M. Guided growth for angular correction: a preliminary series using a tension band plate // *J Pediatr Orthop.* 2007. Vol. 27, № 3. P. 253–9. doi: 10.1097/BPO.0b013e31803433a1
- Sclavos N., Thomason P., Passmore E., Graham K., Rutz E. Foot drop after gastrocsoleus lengthening for equinus deformity in children with cerebral palsy // *Gait Posture.* 2023. Vol. 100. P. 254–260. doi: 10.1016/j.gaitpost.2023.01.007
- Schmid S., Romkes J., Taylor W.R., Lorenzetti S., Brunner R. Orthotic correction of lower limb function during gait does not immediately influence spinal kinematics in spastic hemiplegic cerebral palsy // *Gait Posture.* 2016. Vol. 49. P. 457–462. doi: 10.1016/j.gaitpost.2016.08.013
- Saraph V., Zwick E.B., Steinwender G., et al. Leg lengthening as part of gait improvement surgery in cerebral palsy: an evaluation using gait analysis // *Gait Posture.* 2006. Vol. 23, № 1. P. 83–90. doi: 10.1016/j.gaitpost.2004.12.003
- Jahmani R., Lovisetti G., Alorjani M., Bashaireh K. Percutaneous femoral shortening over a nail using on-site smashing osteotomy technique // *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2020. Vol. 30, № 2. P. 351–358. doi: 10.1007/s00590-019-02556-7
- Salazar-Torres J.J., McDowell B.C., Kerr C., Cosgrove A.P. Pelvic kinematics and their relationship to gait type in hemiplegic cerebral palsy // *Gait Posture.* 2011. Vol. 33, № 4. P. 620–4.
- Меркулов В.Н., Дорохин А.И., Дамбинмаев А.В. Лечение пост-травматических неравенств длины нижних конечностей без нарушения целостности кости в сочетании с деформацией у детей и подростков // *Вестник травматологии и ортопедии им Н.Н. Приорова.* 2012. Т. 19, № 1. С. 41–46. doi: 10.17816/vto201219141-46
- Sanders J.O., Karbach L.E., Cai X., et al. Height and Extremity-Length Prediction for Healthy Children Using Age-Based Versus Peak Height Velocity Timing-Based Multipliers // *J Bone Joint Surg Am.* 2021. Vol. 103, № 4. P. 335–342. doi: 10.2106/JBJS.20.00040
- Kelly P.M., Diméglio A. Lower-limb growth: how predictable are predictions? // *J Child Orthop.* 2008. Vol. 2, № 6. P. 407–15. doi: 10.1007/s11832-008-0119-8
- Journeau P., Mayer J., Popkov D., De Gheldère A., Lascombes P. Epiphysiodesis par plaque vissée extra-physisaire pour la correction

ADDITIONAL INFO

Author contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

des déformations angulaires des membres inférieurs chez l'enfant et l'adolescent. In: Lascombes P., Journeau P., editors. *Déformations des membres inférieurs «De la consultation à l'acte opératoire»*. Sauramps médical; 2009. P. 49–55.

23. Demirel M., Sağlam Y., Yıldırım A.M., et al. Temporary Epiphysiodesis Using the Eight-Plate in the Management of Children with Leg Length Discrepancy: A Retrospective Case Series // *Indian J Orthop*. 2022. Vol. 56, № 5. P. 874–882. doi: 10.1007/s43465-021-00599-9

24. Erickson T., Loder R.T. Bone age in children with hemiplegic cerebral palsy // *J Pediatr Orthop*. 2003. Vol. 23, № 5. P. 669–71. doi: 10.1097/00004694-200309000-00019

25. Lee J.S., Choi I.J., Shin M.J., et al. Bone age in unilateral spastic cerebral palsy: is there a correlation with hand function and limb

length? // *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2017. Vol. 30, № 3. P. 337–341. doi: 10.1515/jpem-2016-0349

26. Graham H.K., Rosenbaum P., Paneth N., et al. Cerebral palsy // *Nat Rev Dis Primers*. 2016. Vol. 2. P. 15082. doi: 10.1038/nrdp.2015.82

27. Gatamov O.I., Chibirov G.M., Borzunov D.Yu., Popkov D.A. Surgical orthopaedic management of cerebral palsy in adults: literature review and preliminary analysis of our treatment experience // *Orthopaedic Genius*. 2018. Vol. 24, № 4. P. 538–547. doi: 10.18019/1028-4427-2018-24-4-538-547

28. Danino B., Rödl R., Herzenberg J.E., et al. Guided growth: preliminary results of a multinational study of 967 physes in 537 patients // *J Child Orthop*. 2018. Vol. 12, № 1. P. 91–96. doi: 10.1302/1863-2548.12.170050

REFERENCES

1. Mushta SM, King C, Goldsmith S, et al. Epidemiology of Cerebral Palsy among Children and Adolescents in Arabic-Speaking Countries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Brain Sci*. 2022;12(7):859. doi: 10.3390/brainsci12070859

2. Gorter JW, Rosenbaum PL, Hanna SE, et al. Limb distribution, motor impairment, and functional classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2004;46(7):461–7. doi: 10.1017/s0012162204000763

3. Palisano RJ. Validation of a model of gross motor function for children with cerebral palsy. *Phys Ther*. 2000;80(10):974–85. EDN: EPVAHZ

4. Joo S, Miller F. Abnormalities in the uninvolved foot in children with spastic hemiplegia. *J Pediatr Orthop*. 2012;32(6):605–8. doi: 10.1097/BPO.0b013e318263a245

5. Riad J, Finnbogason T, Broström E. Leg length discrepancy in spastic hemiplegic cerebral palsy: a magnetic resonance imaging study. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(8):846–50. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181fc35dd

6. Corradin M, Schiavon R, Borgo A, et al. The effects of uninvolved side epiphysiodesis for limb length equalization in children with unilateral cerebral palsy: clinical evaluation with the Edinburgh visual gait score. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2018;28(5):977–984. doi: 10.1007/s00590-017-2097-3

7. Eek MN, Zügner R, Stefansdottir I, Tranberg R. Kinematic gait pattern in children with cerebral palsy and leg length discrepancy: Effects of an extra sole. *Gait Posture*. 2017;55:150–156. doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.04.022

8. Sala DA, Grant AD, Kummer FJ. Equinus deformity in cerebral palsy: recurrence after tendo Achillis lengthening. *Dev Med Child Neurol*. 1997;39(1):45–8. doi: 10.1111/j.1469-8749.1997.tb08203.x

9. CMS.gov [Internet]. 2018 ICD-10 CM and GEMs. Available from: <https://www.cms.gov/Medicare/Coding/ICD10/2018-ICD-10-CM-and-GEMs.html>

10. Popkov D, Lascombes P, Berte N, et al. The normal radiological anteroposterior alignment of the lower limb in children. *Skeletal Radiol*. 2015;44(2):197–206. doi: 10.1007/s00256-014-1953-z

11. Journeau P. Update on guided growth concepts around the knee in children. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2020;106 Suppl 1:S171–S180. doi: 10.1016/j.otsr.2019.04.025

12. Novacheck TF, Stout JL, Tervo R. Reliability and validity of the Gillette Functional Assessment Questionnaire as an outcome measure in children with walking disabilities. *J Pediatr Orthop*. 2000;20(1):75–81.

13. Stevens PM. Guided growth for angular correction: a preliminary series using a tension band plate. *J Pediatr Orthop*. 2007;27(3):253–9. doi: 10.1097/BPO.0b013e31803433a1

14. Sclavos N, Thomason P, Passmore E, Graham K, Rutz E. Foot drop after gastrocnemius lengthening for equinus deformity in children with cerebral palsy. *Gait Posture*. 2023;100:254–260. doi: 10.1016/j.gaitpost.2023.01.007

15. Schmid S, Romkes J, Taylor WR, Lorenzetti S, Brunner R. Orthotic correction of lower limb function during gait does not immediately influence spinal kinematics in spastic hemiplegic cerebral palsy. *Gait Posture*. 2016;49:457–462. doi: 10.1016/j.gaitpost.2016.08.013

16. Saraph V, Zwick EB, Steinwender G, et al. Leg lengthening as part of gait improvement surgery in cerebral palsy: an evaluation using gait analysis. *Gait Posture*. 2006;23(1):83–90. doi: 10.1016/j.gaitpost.2004.12.003

17. Jahmani R, Lovisetti G, Alorjani M, Bashaiah K. Percutaneous femoral shortening over a nail using on-site smashing osteotomy technique. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2020;30(2):351–358. doi: 10.1007/s00590-019-02556-7

18. Salazar-Torres JJ, McDowell BC, Kerr C, Cosgrove AP. Pelvic kinematics and their relationship to gait type in hemiplegic cerebral palsy. *Gait Posture*. 2011;33(4):620–4.

19. Merkulov VN, Dorokhin AI, Dambinimaev AV. Treatment of posttraumatic lower limbs length discrepancy without breach of bone integrity in combination with deformity in children and adolescents. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2012;19(1):41–46. doi: 10.17816/vto201219141-46

20. Sanders JO, Karbach LE, Cai X, et al. Height and Extremity-Length Prediction for Healthy Children Using Age-Based Versus Peak Height Velocity Timing-Based Multipliers. *J Bone Joint Surg Am*. 2021;103(4):335–342. doi: 10.2106/JBJS.20.00040

21. Kelly PM, Diméglio A. Lower-limb growth: how predictable are predictions? *J Child Orthop*. 2008;2(6):407–15. doi: 10.1007/s11832-008-0119-8

22. Journeau P, Mayer J, Popkov D, De Gheldère A, Lascombes P. Epiphysiodèse par plaque vissée extra-physaire pour la correction des déformations angulaires des membres inférieurs chez l'enfant et l'adolescent. In: Lascombes P, Journeau P, editors. *Déformations des membres inférieurs «De la consultation à l'acte opératoire»*. Sauramps médical; 2009. P. 49–55.

23. Demirel M, Sağlam Y, Yıldırım AM, et al. Temporary Epiphysiodesis Using the Eight-Plate in the Management of Children

with Leg Length Discrepancy: A Retrospective Case Series. *Indian J Orthop.* 2022;56(5):874–882. doi: 10.1007/s43465-021-00599-9

24. Erickson T, Loder RT. Bone age in children with hemiplegic cerebral palsy. *J Pediatr Orthop.* 2003;23(5):669–71. doi: 10.1097/00004694-200309000-00019

25. Lee JS, Choi IJ, Shin MJ, et al. Bone age in unilateral spastic cerebral palsy: is there a correlation with hand function and limb length? *J Pediatr Endocrinol Metab.* 2017;30(3):337–341. doi: 10.1515/jpem-2016-0349

26. Graham HK, Rosenbaum P, Paneth N, et al. Cerebral palsy. *Nat Rev Dis Primers.* 2016;2:15082. doi: 10.1038/nrdp.2015.82

27. Gatamov OI, Chibirov GM, Borzunov DYU, Popkov DA. Surgical orthopaedic management of cerebral palsy in adults: literature review and preliminary analysis of our treatment experience. *Orthopaedic Genius.* 2018;24(4):538–547. doi: 10.18019/1028-4427-2018-24-4-538-547

28. Danino B, Rödl R, Herzenberg JE, et al. Guided growth: preliminary results of a multinational study of 967 physes in 537 patients. *J Child Orthop.* 2018;12(1):91–96. doi: 10.1302/1863-2548.12.170050

ОБ АВТОРАХ

* Мамедов Улви Фаиг оглы;

адрес: Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6;
ORCID: 0009-0008-0266-6515;
e-mail: ulvi.mamedof@gmail.com

Томов Ахмед Даутович, канд. мед. наук;

ORCID: 0009-0001-2981-7722;
eLibrary SPIN: 2949-6153;
e-mail: doc0645@mail.ru

Гатамов Орхан Ильхам оглы, канд. мед. наук;

ORCID: 0009-0005-4244-5774;
eLibrary SPIN: 9647-8748;
e-mail: or-gatamov@mail.ru

Попков Дмитрий Арнольдович, д-р мед. наук, профессор РАН;

ORCID: 0000-0002-8996-867X;
eLibrary SPIN: 6387-0545;
e-mail: dpopkov@mail.ru

AUTHORS' INFO

* Ulvi F. Mamedov;

address: 6 M. Ulianova str., Kurgan, 640014, Russia;
ORCID: 0009-0008-0266-6515;
e-mail: ulvi.mamedof@gmail.com

Ahmed D. Tomov, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0009-0001-2981-7722;
eLibrary SPIN: 2949-6153;
e-mail: doc0645@mail.ru

Orkhan I. Gatamov, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0009-0005-4244-5774;
eLibrary SPIN: 9647-8748;
e-mail: or-gatamov@mail.ru

Dmitry A. Popkov, MD, Dr. Sci. (Med.);

professor of the Russian Academy of Sciences;
ORCID: 0000-0002-8996-867X;
eLibrary SPIN: 6387-0545;
e-mail: dpopkov@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author