

УДК 616.718.4-007.213-053.2-089(048.8)
DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS321663>



Научный обзор

Коррекция деформаций проксимального отдела бедра у детей методикой управляемого блокирования зон роста (обзор литературы)

А.С. Кузнецов, О.В. Кожевников, С.Э. Кралина

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Деформации проксимального отдела бедренной кости у детей — одна из наиболее сложных патологий для оперативной коррекции. В большинстве случаев выполняют остеотомии бедренной кости в различных плоскостях, но в последние десятилетия появились разработки, позволяющие провести коррекцию деформации малоинвазивными способами — с использованием методики управления зонами роста проксимального отдела бедра с помощью эпифизиодеза.

Цель — проанализировать данные зарубежной и отечественной литературы, отражающие этапы развития методики эпифизиодеза зон роста проксимального отдела бедренной кости и результаты ее применения у пациентов детского возраста с патологией тазобедренного сустава.

Материалы и методы. Изучены представленные в мировой литературе результаты оперативного лечения с помощью малоинвазивной методикой эпифизиодеза зон роста проксимального отдела бедренной кости у детей. Поиск осуществляли в открытых электронных базах научной литературы eLibrary, PubMed за период с 1933 по 2022 г.

Результаты. Большинство авторов сообщают о хороших и удовлетворительных результатах коррекции деформаций проксимального отдела бедренной кости у детей, а также высказывают предположения о предупреждении развития этих деформаций путем своевременного выполнения операции эпифизиодеза. Однако единого мнения о сроках оперативного вмешательства и методах его проведения до сих пор нет.

Заключение. Деформации проксимального отдела бедренной кости у детей, такие как вальгусная деформация шейки бедренной кости и ее рецидивы, последствия аваскулярного некроза по Каламчи типа II, гипертрофия большого вертела, длительное время исправляли с помощью тяжелого оперативного вмешательства — корригирующей остеотомии бедренной кости. Совершенствование методов обследования и более глубокое понимание функционирования зон роста проксимального отдела бедренной кости позволили ортопедам внедрить в практику менее инвазивные и малотравматичные, но не менее эффективные методики коррекции данных деформаций проксимального отдела бедра путем управляемого блокирования зон роста.

Ключевые слова: врожденный вывих бедра; дисплазия тазобедренного сустава; болезнь Легга – Кальве – Пертеса; асептический некроз головки бедренной кости; гипертрофия большого вертела; эпифизиодез; гемиепифизиодез.

Как цитировать

Кузнецов А.С., Кожевников О.В., Кралина С.Э. Коррекция деформаций проксимального отдела бедра у детей методикой управляемого блокирования зон роста (обзор литературы) // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2023. Т. 11. № 4. С. 571–582. DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS321663>

DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS321663>

Review

Correction of proximal femoral deformities in children by a guided growth technique: A review

Anatoly S. Kuznetsov, Oleg V. Kozhevnikov, Svetlana E. Kralina

N.N. Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: After surgical treatment of proximal femoral deformities in children, secondary deformities can often develop. They can be corrected successfully by epiphysiodesis — a method of working with growth zones.

AIM: To analyze the literature about the development of epiphysiodesis, a proximal femoral technique, and the results of its use in pediatric patients with hip joint pathologies.

MATERIALS AND METHODS: The results of using epiphysiodesis for treating secondary deformities in children with hip joint pathologies were analyzed. The literature search was performed in open electronic scientific databases eLibrary and PubMed for the period from 1933 to 2022.

RESULTS: Most authors reported good and satisfactory results in the correction of secondary proximal femoral deformities in children. They also suggested that the development of these deformities could be prevented by epiphysiodesis in time frames, which should be chosen correctly. However, no consensus has been established on the timing of surgical intervention and methods of its implementation.

CONCLUSIONS: Proximal femoral deformities in children, such as valgus deformity of the femoral neck and its recurrence, consequences of Kalamchi type II avascular necrosis, and hypertrophy of the greater trochanter, were corrected for a long time by a complex surgical intervention—intertrochanteric osteotomy of the femur. Improvement in examination methods and a deeper understanding of the growth zone functioning of the proximal femur allow orthopedists to introduce into practice less invasive and less traumatic but effective methods for correcting these proximal femoral deformities by controlled blocking of the growth zones.

Keywords: congenital hip dislocation; developmental dysplasia of the hip; coxa valga; Legg–Calvé–Perthes disease; avascular necrosis of the femoral head; growth plates; greater trochanteric overgrowth; epiphysiodesis; hemiepiphysiodesis.

To cite this article

Kuznetsov AS, Kozhevnikov OV, Kralina SE. Correction of proximal femoral deformities in children by a guided growth technique: A review. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2023;11(4):571–582. DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS321663>

Received: 27.03.2023

Accepted: 30.10.2023

Published: 20.12.2023

ОБОСНОВАНИЕ

Деформация проксимального отдела бедра у детей в большинстве случаев происходит вследствие таких состояний, как врожденный вывих бедра, асептический некроз головки бедренной кости, болезнь Легга – Кальве – Пертеса, а также нейрогенной и другой патологии. Наиболее часто эти деформации приводят к нарушению стабильности тазобедренного сустава, подвывиху или вывиху головки бедренной кости, что нарушает функции конечности. Для исправления деформаций обычно выполняют корригирующую остеотомию бедренной кости, в результате которой восстанавливается величина шеечно-диафизарного угла, антеверсия, улучшается центрация головки бедра в вертлужной впадине, что позволяет стабилизировать тазобедренный сустав [1]. В ряде случаев, при прогрессирующей или рецидивирующей деформации проксимального отдела бедра, однократного вмешательства бывает недостаточно и приходится проводить повторные реконструктивные операции [2], которые технически сложны, предполагают использование специального инструментария и фиксирующих металлоконструкций, а также приводят к ограничениям функциональных возможностей ребенка из-за гипсовой иммобилизации, ограничения нагрузки на срок от 6 до 9 мес., движений в суставе. Реабилитационный период у таких пациентов также занимает длительное время, вплоть до года. Данные ограничения влияют на физическое состояние пациента (боль, сниженная амплитуда движения, вынужденное положение тела и конечности) и затрагивают его психоэмоциональную сферу — нарушаются социальные связи в детском саду и школе, становятся невозможными самообслуживание, базовые активности. Именно поэтому ортопеды продолжили поиск малотравматичных и малоинвазивных методов. Толчком к применению новых методов коррекции деформаций проксимального отдела бедра послужили более глубокое понимание анатомии и физиологии растущего скелета, а также работы по коррекции деформаций растущих костей нижних конечностей путем воздействия на зоны роста.

Цель — проанализировать данные зарубежной и отечественной литературы, отражающие этапы развития методики эпифизиодеза зон роста проксимального отдела бедренной кости и результаты ее применения у пациентов детского возраста с патологией тазобедренного сустава.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведены поиск и анализ литературы за последние 70 лет, содержащей данные о методике эпифизиодеза шейки бедренной кости и большого вертела, результатах лечения, а также поиск статей, близких по содержанию.

Поиск по ключевым словам (врожденный вывих бедра, дисплазия тазобедренного сустава, болезнь Легга – Каль-

ве – Пертеса, асептический некроз головки бедра, деторсионно-варизирующая остеотомия, зоны роста, большой вертел, эпифизиодез, гемиепифизиодез, developmental dysplasia of hip, coxa valga, coxa vara, congenital hip dislocation, epiphysiodesis, hemiepiphysiodesis) осуществляли в открытых электронных базах научной литературы eLibrary и PubMed.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Впервые попытки воздействия на зоны роста костей у детей описал ортопед D.B. Phemister в 1933 г. [3]. Коррекцию осевых деформаций нижних конечностей и неравенства длины он выполнял путем открытого разрушения ростковой пластинки бедренной или большеберцовой кости, что приводило к полному окончанию костного роста сегмента. Методика полного нарушения зоны роста получила название тотального эпифизиодеза.

В последующем, оценивая плюсы и минусы данного метода, доктора J.P. Metaizeau, W.P. Blount и P.M. Stevens доработали технику взаимодействия с зонами роста. J.P. Metaizeau предложил выполнять тотальный эпифизиодез закрытым методом через малые разрезы путем введения двух транскутаных винтов [4]. W.P. Blount для коррекции осевых деформаций у растущих детей начал применять металлические скобы, временно ограничивающие рост кости, с возможностью последующего их удаления по достижении удовлетворительной коррекции — «временный гемиепифизиодез» или «управляемое блокирование зон роста» [5]. Данная методика позволила сохранить функционирование зоны роста, и после удаления металлоконструкций рост продолжался аналогично неоперированной конечности.

P.M. Stevens заменил металлические скобы на восьмиобразные пластины, что повысило стабильность расположения металлоконструкции, а также ускорило коррекцию деформации [6].

Работы D.B. Phemister сподвигли детских хирургов на эксперименты с другими зонами роста нижних конечностей. R.S. Siffert изучил анатомическое развитие тазобедренного сустава и проксимального отдела бедра у детей и описал функционирование Y-образного хряща (triradiate cartilage) и зон роста бедренной кости (эпифиза головки бедренной кости, верхнего края шейки и большого вертела). Он выявил, что изменения в функционировании любой из зон влияют на остальные зоны. Благодаря пониманию этих взаимосвязей стало возможным прогнозировать развитие и прогрессирование деформаций бедра, а также избежать тяжелых оперативных вмешательств [7–9].

Преимущественно врачи выделили два вида деформаций, наиболее часто встречающихся при нарушении функционирования зон роста проксимального отдела бедренной кости: вальгусную деформацию шейки бедренной кости и гипертрофию большого вертела.

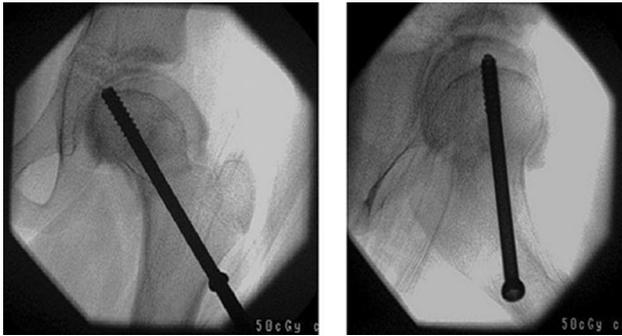


Рис. 1. Медиальный эпифизиодез [24]

В 1980 г. A. Kalamchi и G.D. MacEwen, проведя исследование на 119 пациентах с врожденным вывихом бедра, выявили, что повреждение латеральной части зоны роста (головки) физиса бедренной кости приводит в дальнейшем к укорочению шейки и ее вальгусной деформации, а центральное повреждение никак не влияет на изменение шеечно-диафизарного угла, таким образом они сформулировали четыре типа остеонекроза в зависимости от вовлеченности эпифиза и физиса бедренной кости [10].

P. Campbell и S.D. Tarlow, обследовав 146 детей с дисплазией после консервативного лечения, отметили нарушение функционирования и закрытие латеральной части зоны роста эпифиза головки бедренной кости у 14 из них и пришли к выводу, что данное поражение является ятрогенной патологией вследствие травматизации головки во время вправления вывиха или после периода иммобилизации в положении отведения конечности. Преждевременное закрытие латерального края ростковой пластинки привело в последующем к вальгусной деформации шейки бедренной кости, ее укорочению, а также смещению эпифиза головки к большому вертелу. Авторы также наблюдали неравенство длины нижних конечностей от 1 до 5 см из-за укорочения шейки бедренной кости и ее излишнего вальгусного отклонения. Для коррекции деформации бедренной кости авторы выполняли варизирующую межвертельную остеотомию, но некоторым пациентам в последующем потребовалась повторная операция. В качестве эксперимента у нескольких пациентов совместно с межвертельной остеотомией был проведен винт с целью пересечения медиальной ростковой пластинки физиса (рис. 1), что в последующем дало отличные результаты [11].

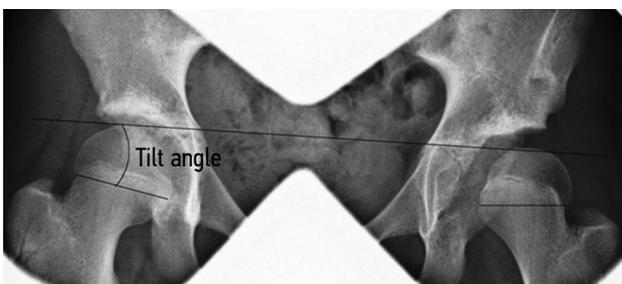


Рис. 2. Определение «tilt angle» [24]

Несмотря на то что специалисты разных стран проводили подобные операции с блокированием медиальной зоны роста шейки бедренной кости, это были скорее экспериментальные операции на малой выборке пациентов [12, 13]. С целью уточнения и расширения знаний по работе с зонами роста шейки бедренной кости продолжались исследования на животных [14]. В 2006 г. С.Н. Chang и соавт. выдвинули теорию, что винт, введенный в медиальную часть шейки бедренной кости с прохождением эпифизарной пластинки, со временем вызовет ее варизацию. Исследование выполнено на восьми свиньях, так как их кость анатомически близка человеческой. В результате врачи подтвердили свою гипотезу, получив уменьшение шеечно-диафизарного угла на оперированной конечности в сравнении со «здоровой», — $132,8^\circ$ (128–142) vs. $141,41^\circ$ (136–152) [15]. Авторы также высказали предположение о коррекции торсионной деформации бедренной кости путем изменения направления введения винта.

В 2010 г. J.J. McCarthy и соавт. провели схожее исследование на ягнятах. Целью своей работы они ставили проверку результативности гемиепифизиодеза шейки бедренной кости. Для этого ученые выделили две группы — с прохождением винта через ростковую пластину и расположением ниже зоны роста. Они выполняли КТ-исследование и гистологические срезы. По итогам исследования авторы подтвердили удовлетворительную коррекцию угловой деформации бедра у пациентов с прохождением винта через ростковую пластину — 132 vs. 143° . Однако возник другой немаловажный вопрос: будут ли зоны роста функционировать в дальнейшем после удаления металлоконструкции? В отличие от С.Н. Chang, J.J. McCarthy выразил сомнение по поводу возможности коррекции торсионной деформации бедренной кости [16].

Многочисленные работы по изучению механизма развития вальгусной деформации и смещения эпифиза головки вследствие асептического некроза [17–19] не решали вопросы ранней диагностики поражения зоны роста. Специалисты стали использовать методику медиального гемиепифизиодеза только при однозначной рентгенологической картине закрытия зоны роста и асептического некроза [20], но четких показаний, когда следует применять этот способ, не сформулировали.

В 2011 г. S. McGillion и N.M. Clarke решили разработать дополнительные рентгенологические критерии к уже существующим для объективизации показаний к эпифизиодезу [21–23]. На переднезадних рентгенограммах таза они определили рентгенологические критерии для оценки смещения эпифиза при некрозе: угол между линией Хильгенрейнера и линией, проведенной по краям эпифиза головки бедренной кости. Изменение угла между этими линиями свидетельствует о смещении головки бедренной кости по отношению к тазу, что позволяет вовремя заподозрить асептический некроз и деформацию латеральной зоны роста. Нормативные значения данного угла авторы не приводят, но отмечают, что в норме этот угол

положительный (больше 0), а при патологии уменьшается и линии переходят в параллельное состояние (рис. 2).

Данный критерий получил название «tilt angle». При оценке послеоперационных рентгенограмм и дальнейшем наблюдении за пациентами изменение данного угла позволяет оценить динамику воздействия на зону роста и степень исправления деформации, что авторы и представили в своем исследовании. Однако они отметили, что «tilt angle» — это двухмерный анализ, в то время как при выполнении компьютерной томографии помимо вальгусной деформации можно оценить и величину антеверсии. Компьютерное исследование показало также, что костный мостик нарушенной зоны роста может находиться как в заднелатеральной, так и в переднелатеральной части эпифиза головки. Таким образом, сопутствующая торсионная деформация бедренной кости усложняет прогнозирование эффективности медиального эпифизиодеза и необходимо более тщательное обследование пациентов [24].

Учитывая положительные результаты коррекции вальгусной деформации при патологии тазобедренного сустава [25, 26], ортопеды решили внедрить методику эпифизиодеза у пациентов с детским церебральным параличом, для которых вальгизация шейки бедренной кости является частым анатомическим изменением.

W.C. Lee и соавт. в 2016 г. представили результаты своей работы с применением медиального эпифизиодеза у 13 пациентов. По результатам наблюдений за период от 24 до 90 мес. (в среднем — 45,6 мес.) хирурги отметили изменение шеечно-диафизарного угла после выполнения эпифизиодеза за 3 мес. $6,9^\circ$, за год — $10,6^\circ$ и при наблюдении сроком до 5,8 года — $16,1^\circ$ (у трех пациентов), но уменьшение объема оперативного вмешательства и длительности пребывания в стационаре позволяет использовать данную методику в сочетании с мягкотканной операцией. Авторы предложили рассматривать данное оперативное вмешательство даже у детей с нарушением двигательных функций IV и V степеней [27].

В 2019 г. H.C. Hsieh и N. Portinaro подтвердили эффективность медиального эпифизиодеза у пациентов с детским церебральным параличом. С помощью данной методики авторам удалось предотвратить прогрессирование подвывиха в тазобедренном суставе и в дальнейшем избежать больших реконструктивных операций. Однако они отметили миграцию винта из эпифиза головки у ряда пациентов в связи с продолжающимся ростом, поэтому важно соблюдать сроки динамического наблюдения и в случае необходимости заменить винт на более длинный для сохранения коррекции [28, 29].

К таким же выводам пришел и A.M. Zakrzewski (2022) [30].

Эпифизиодез зоны роста шейки бедренной кости с помощью винта доказал свою эффективность, но сравнение его с иными методами эпифизиодеза было проведено только в 2016 г. [31]. Осуществив оперативное

вмешательство на ягнятах, авторы сравнили три варианта эпифизиодеза: винтом [16], пластиной с винтами [6] и путем рассверливания медиальной зоны роста спицей Киршнера [32]. По результатам исследования за срок наблюдения $6,78 \pm 0,45$ мес. установлено, что в группе, в которой выполняли гемиепифизиодез винтом, произошло достоверное уменьшение шеечно-диафизарного угла с 117 ± 1 до $100 \pm 5^\circ$, в то время как в остальных двух группах значимые изменения отсутствовали. Статистически значимых изменений артикуло-трохантерной дистанции не выявлено ни в одной из групп.

Авторы заключили, что эпифизиодез с помощью винта — наиболее адекватный метод воздействия на медиальную зону роста, а меньшая скорость роста проксимального метаэпифиза бедренной кости, по сравнению с дистальным, позволяет оставлять винты в шейке намного дольше, чем при эпифизиодезе в области коленного сустава. Однако, как и в предыдущем исследовании [16], достижение коррекции торсионной деформации данным методом маловероятно.

Вторая наиболее часто встречающаяся деформация при нарушении функционирования зон роста проксимального отдела бедренной кости — гипертрофия большого вертела.

В 1940 г. E.L. Compere и соавт. создали экспериментальную модель развития деформации проксимального отдела бедра при повреждении зоны роста большого вертела. Проведя изолированное блокирование зоны роста большого вертела у козлят, они обнаружили остановку роста и формирование деформации *coxa valga* и *coxa plana*, а также укорочение большого вертела. Помимо этого, авторы наблюдали укорочение шейки бедренной кости, что может привести к изменению контура головки бедра и нарушению функционирования тазобедренного сустава [33].

В 1959 г. L.E. Laurent осуществил исследование на кроликах [34], подтвердив данные E.L. Compere. Он установил, что при повреждении зоны роста эпифиза головки происходит гипертрофия большого вертела, которая постепенно вызывает недостаточность средней и малой ягодичных мышц и приводит к положительному симптому Тренделенбурга и нарушению походки [35]. Он также выявил, что при изолированном повреждении зоны роста большого вертела формируется деформация *coxa valga* с удлинением шейки бедренной кости. Используя результаты экспериментальных исследований, L.E. Laurent выполнил несколько оперативных вмешательств с эпифизиодезом большого вертела (рис. 3) для коррекции прогрессирующей деформации *coxa vara* и получил удовлетворительные результаты с улучшением походки.

Для объективизации результатов эпифизиодеза большого вертела W. Edgren в 1960 г., используя рентгенограммы, вывел показатель, который назвал articulo-trochanteric distance (ATD). При уменьшении этого расстояния показатель считается отрицательным. J. Edgren сравнил две



Рис. 3. Пример эпифизиодеза большого вертела винтом с шайбой [54]

группы — пациентов без патологии и с деформацией *coxa plana*. В первой группе АТД всегда был положительным. В серии случаев с *coxa plana* J. Edgren четко отметил, что преждевременное закрытие эпифизарной пластинки головки бедренной кости ассоциировано с уменьшением АТД и, соответственно, гипертрофией большого вертела. W. Edgren предположил, что сила ягодичных мышц снижается на более поздних стадиях деформации [36, 37].

В 1980 г. J.R. Gage и J.M. Cary отметили, что эпифизиодез ростковой пластинки вертела не полностью останавливает его рост, так как существует потенциал роста за счет апикальной части (cephalic portion of the trochanter). Для дополнительной оценки роста большого вертела авторы ввели термин trochanter-to-trochanter distance (TTD). Рост большого вертела определяли путем измерения TTD в последующих наблюдениях и вычитая значение TTD, измеренное во время операции. Наиболее благоприятные результаты авторы получили при выполнении эпифизиодеза у пациентов до 5 лет, то есть до появления ядра оксификации эпифиза большого вертела на рентгенограммах. При выраженной деформации *coxa vara* и значительной слабости ягодичных мышц хирурги рекомендовали выполнять корригирующую остеотомию [38].

P.M. Stevens и S.S. Coleman расширили возрастные рамки применения эпифизиодеза большого вертела до 8 лет [39], а более старшим детям рекомендовали выполнять транспозицию большого вертела согласно предложениям других авторов [40–42]. У детей старше 8 лет хирурги предлагали операции по удлинению шейки бедренной кости [43–45].

В 1989 г. L.J. Iwersen и соавт. провели ретроспективное исследование с целью оценки гипертрофии большого вертела у пациентов с асептическим некрозом, возникшим после лечения врожденного вывиха бедра. По итогам анализа авторы заявили, что гипертрофия большого вертела может быть легко упущена в ходе лечения, так как большинство хирургов сосредоточены на восстановлении костно-суставных взаимоотношений между головкой и вертлужной впадиной тазобедренного сустава, а некроз с поражением зоны роста может развиться гораздо позже. У пациентов, пролеченных в возрасте до 5 лет, меньше

шансов патологического изменения АТД, чем у пациентов старшего возраста. Соглашаясь с доводами P.M. Stevens и S.S. Coleman, L.J. Iwersen уточняет, что время для выполнения эпифизиодеза может быть упущено в связи с непредсказуемым разрастанием хрящевой модели. Автор также указывает, что уменьшение показателя АТД на пораженной стороне с возрастом влияет и на здоровый тазобедренный сустав. И хотя это влияние не столь значительное, но в связи с этим необходимо дальнейшее наблюдение [46].

A.J. Matan и соавт. в 1996 г. провели сравнительный анализ двух групп пациентов с болезнью Легга – Кальве – Пертеса. В первой группе выполняли только варизирующую остеотомию бедра, во второй остеотомию бедра сочетали с профилактическим эпифизиодезом большого вертела. В послеоперационном наблюдении во второй группе авторы отметили сохранение АТД, больший объем движений, снижение боли, удовлетворительную силу мышц-абдукторов бедра и повышение повседневной активности. Таким образом авторы подтвердили свою теорию о том, что одномоментное осуществление варизирующей остеотомии бедра и эпифизиодеза большого вертела дает более выраженный положительный эффект [47].

В 2008 г. J.J. McCarthy и D.S. Weiner [48] подвергли сомнению оценку только лишь АТД у пациентов с болезнью Легга – Кальве – Пертеса, так как эпифиз головки бедренной кости, используемый в измерении, страдает при данной патологии, что может привести к неправильным данным. Авторы указали, что не было предложено альтернативных методик выполнения эпифизиодеза зоны роста вертела. В свое исследование они включили 35 пациентов с односторонним поражением головки бедренной кости. У 30 выполнено предварительное рассверливание эпифиза большого вертела с последующим введением винта, у пяти вместо винта использовали костный трансплантат. Авторы отметили уменьшение роста большого вертела после эпифизиодеза на 4,3 мм по сравнению со здоровой стороной. В 21 случае из 35 зарегистрировано полное закрытие зоны роста большого вертела. В группе с использованием костного трансплантата хирурги зафиксировали более выраженное снижение роста большого вертела, чем в группе с винтом, однако, учитывая малое количество пациентов, эти данные сложно назвать достоверно значимыми. Кроме того, авторы отметили неожиданный результат — эпифизиодез в группе пациентов старше 8 лет оказался более эффективным, нежели в группе младше 6 лет, что расходится с данными J.R. Gage и J.M. Cary. Эти результаты авторы связывают с повышенным ростом в более старшем возрасте и с более простым техническим выполнением эпифизиодеза в это время.

В 2009 г. H. Shah и соавт. подтвердили, что эпифизиодез большого вертела во время активной стадии заболевания Легга – Кальве – Пертеса снижает частоту его гипертрофии и улучшает показатели теста Тренделенбурга [49].

Они выявили недостаточную коррекцию у 30 % прооперированных детей (всего было пролечено 62 ребенка) и представили три вероятные причины такого результата: во-первых, во время операции не было достигнуто достаточной компрессии зоны роста большого вертела винтом, во-вторых, даже при хирургическом нарушении целостности зоны роста вертела мог сохраниться рост за счет шейки бедренной кости, и, в-третьих, неудачно выполненная операция с недостаточной коррекцией.

Касательно возрастных рамок хирурги получили положительные результаты с отрицательным тестом Тренделенбурга и у пациентов в возрасте 10 лет, что подтверждает данные работы A. van Tongel [50].

Основываясь на выводах A. Langenskiold [37], что эпифизиодез большого вертела нарушает функционирование его зоны роста только наполовину, в 2014 г. P.M. Stevens и соавт. предложили новую методику взаимодействия с ростковой пластинкой [51]. Суть ее заключалась в фиксации большого вертела не одним винтом перпендикулярно зоне роста, а с помощью восьмиобразной пластины параллельно ростковой пластинке (рис. 4).

Выбор такой методики воздействия на зону роста авторы объяснили сохранением более оптимального роста шейки бедренной кости, который, по их мнению, может нарушиться при перпендикулярном расположении винта.

С помощью такого метода фиксации («управляемый рост») авторы хотели отсрочить или предотвратить необходимость выполнения транспозиции большого вертела и остеотомии бедренной кости или костей таза. По данным авторов, в результате такого вмешательства восстанавливаются оптимальная длина и сила сухожилий отводящих мышц, что улучшает объем движений бедра (внутренняя ротация и отведение), не нарушается длина нижних конечностей и уменьшается хромота. Проведя исследование на 12 пациентах в возрасте 4–9 лет, авторы определили наиболее благоприятную возрастную группу для выполнения данной операции — 5–8 лет.

По мнению авторов, «управляемый рост» большого вертела более выгодно корригирует гипертрофию большого вертела, а также улучшает силу мышц-аддукторов, позволяя избежать ятрогенных деформаций проксимального отдела бедренной кости.

В 2017 г. K.S. Kwon и соавт., анализируя литературу по применению эпифизиодеза большого вертела при болезни Легга – Кальве – Пертеса, пришли к выводу, что ни один из авторов исследований в результатах работы не указывает их зависимость от тяжести течения заболевания. Используя классификацию D. Stulberg, модифицированную J.A. Herring [52, 53], хирурги предположили, что у пациентов с типом поражения головки В и пограничным В/С прогноз более благоприятный для выполнения эпифизиодеза большого вертела по сравнению с пациентами с типом С [54].

Сравнив результаты эпифизиодеза у пациентов до 8 лет и старше 8 лет, авторы выявили, что клинические

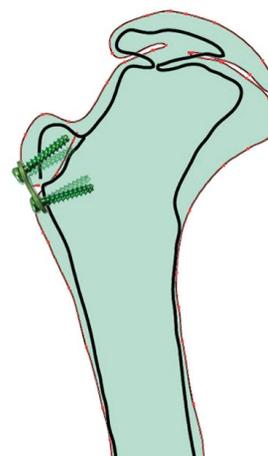


Рис. 4. Фиксация зоны роста большого вертела восьмиобразной пластиной [51]

и рентгенологические показатели были лучше у пациентов до восьмилетнего возраста. Они предположили, что ключевым фактором для удовлетворительного результата эпифизиодеза является положение винта под углом 60–70° по отношению к малому вертелу с прохождением винтом медиального кортикала.

В 2020 г. хирурги из института им. Г.И. Турнера проанализировали отечественную литературу и, не встретив описания методики эпифизиодеза зоны роста большого вертела, провели собственное исследование с целью изучения динамики роста проксимального отдела бедренной кости после выполнения эпифизиодеза зоны роста большого вертела, а также постарались определить варианты применения методики в комплексном лечении детей с патологией тазобедренного сустава [55]. Фиксацию большого вертела осуществляли как по общепринятой методике с помощью винта и шайбы, а также с применением восьмиобразной пластины с винтами.

Хирурги отметили, что выраженность хромоты и симптома Тренделенбурга не нарастала. Частичное синозирование зоны роста большого вертела происходило в течение 2–4 мес. По рентгенологическим показателям установлено, что воздействие на зону роста большого вертела позволило замедлить его рост на 49,3 %. Авторы сделали вывод, что методика с винтом и шайбой более предпочтительна, так как позволяет получить результат быстрее, чем при использовании восьмиобразной пластины, когда необходимо дожидаться возникновения динамического напряжения на винтах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги анализа представленной литературы, можно заключить, что, несмотря на длительную историю развития, изучения и применения методики блокирования зоны роста медиальной части физиса головки бедренной кости и большого вертела, до сих пор не сложилось единого мнения по поводу сроков выполнения оперативного

вмешательства, вида металлофиксатора (восьмиобразная, кортикальная пластины), а также не получено четких данных об отдаленных результатах вмешательств в связи с кратким сроком наблюдения пациентов в послеоперационном периоде.

В данный момент медиальный эпифизиодез используют все более широко при патологии тазобедренного сустава и асептическом некрозе [56, 57].

Малоинвазивность методики, простота ее выполнения, быстрая реабилитация пациентов и хорошие результаты позволяют применять ее для коррекции деформаций проксимального отдела бедренной кости, а также предотвращения их развития. Однако много вопросов, включая возможности коррекции антеверсии шейки бедренной кости, все еще остаются открытыми и требуют дальнейшего изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Forrester-Brown M.F. The lorenz bifurcation osteotomy for irreducible congenital dislocation of hip: (Section of Orthopaedics) // Proc. R. Soc. Med. 1938. Vol. 31. No. 5. P. 454–461.
- Seeber E. Revalgisierung und Wachstumstendenz am proximalen Femur nach intertrochanteren Osteotomien [Recurrence of coxa valga and growth tendency of the proximal femur after intertrochanteric osteotomies] // Beitr. Orthop. Traumatol. 1976. Vol. 23. No. 7. P. 391–398.
- Phemister D.B. Operative arrestment of longitudinal growth of bones in the treatment of deformities // J. Bone Joint Surg. 1933. Vol. 15. No. 1. P. 1–15.
- Métaizeau J.P., Wong-Chung J., Bertrand H., et al. Percutaneous epiphysiodesis using transphyseal screws (PETS) // J. Pediatr. Orthop. 1998. Vol. 18. No. 3. P. 363–369.
- Blount W.P., Clarke G.R. Control of bone growth by epiphyseal stapling; a preliminary report // J. Bone Joint Surg. Am. 1949. Vol. 31A. No. 3. P. 464–478.
- Stevens P. Guided growth: 1933 to the present // Strat. Traum. Limb. Recon. 2006. No. 1. P. 29–35. DOI: 10.1007/s11751-006-0003-3
- Siffert R.S. Patterns of deformity of the developing hip // Clin. Orthop. Relat. Res. 1981. No. 160. P. 14–29.
- Weinstein S.L., Mubarak S.J., Wenger D.R. Developmental hip dysplasia and dislocation: Part II // Instr. Course Lect. 2004. Vol. 53. P. 531–542.
- Поздников И.Ю., Басков В.Е., Барсуков Д.Б., и др. Гипертрофия большого вертела и вертельно-тазовый импинджмент-синдром у детей (причины формирования, рентгеноанатомическая характеристика) // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2019. Т. 7. № 3. DOI: 10.17816/PTORS7315-24
- Kalamchi A., MacEwen G.D. Avascular necrosis following treatment of congenital dislocation of the hip // J. Bone Joint Surg. Am. 1980. Vol. 62. No. 6. P. 876–888.
- Campbell P., Tarlow S.D. Lateral tethering of the proximal femoral physis complicating the treatment of congenital hip dysplasia // J. Pediatr. Orthop. 1990. Vol. 10. No. 1. P. 6–8.
- Bowen J.R., Johnson W.J. Percutaneous epiphysiodesis // Clin. Orthop. Relat. Res. 1984. No. 190. P. 170–173.
- Brax P., Gille P. L'épiphysiodèse percutanée. Premiers essais concernant les os longs des membres inférieurs [Percutaneous epiphysiodesis. First trials with the long bones of the lower limbs] // Chir. Pediatr. 1989. Vol. 30. No. 6. P. 263–265.
- Canale S.T., Russell T.A., Holcomb R.L. Percutaneous epiphysiodesis: experimental study and preliminary clinical results // J. Pediatr. Orthop. 1986. Vol. 6. No. 2. P. 150–156.
- Chang C.H., Chi C.H., Lee Z.L. Progressive coxa vara by eccentric growth tethering in immature pigs // J. Pediatr. Orthop. B. 2006. Vol. 15. No. 4. P. 302–306. DOI: 10.1097/01202412-200607000-00014
- McCarthy J.J., Noonan K.J., Nemke B., et al. Guided growth of the proximal femur: a pilot study in the lamb model // J. Pediatr. Orthop. 2010. Vol. 30. No. 7. P. 690–694. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181edef71
- Oh C.W., Joo S.Y., Kumar S.J., et al. A radiological classification of lateral growth arrest of the proximal femoral physis after treatment for developmental dysplasia of the hip // J. Pediatr. Orthop. 2009. Vol. 29. No. 4. P. 331–335. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181a5b09c
- Kim H.W., Morcuende J.A., Dolan L.A., et al. Acetabular development in developmental dysplasia of the hip complicated by lateral growth disturbance of the capital femoral epiphysis // J. Bone Joint Surg. Am. 2000. Vol. 82. No. 12. P. 1692–1700. DOI: 10.2106/00004623-200012000-00002
- Белецкий А.В., Соколовский О.А., Лихачевский Ю.В., и др. Особенности формирования деформации проксимального отдела бедренной кости (II тип по Kalamchi) и ее диагностика) // Ортопедия, травматология и протезирование. 2011 № 4. С. 5–12.
- Bowen J.R., Johnson W.J. Percutaneous epiphysiodesis // Clin. Orthop. Relat. Res. 1984. No. 190. P. 170–173.
- Canale S.T., Russell T.A., Holcomb R.L. Percutaneous epiphysiodesis: experimental study and preliminary clinical results // J. Pediatr. Orthop. 1986. Vol. 6. No. 2. P. 150–156.
- Weinstein J.N., Kuo K.N., Millar E.A. Congenital coxa vara. A retrospective review // J. Pediatr. Orthop. 1984. Vol. 4. No. 1. P. 70–77. DOI: 10.1097/01241398-198401000-00015
- Foroohar A., McCarthy J.J., Yucha D., et al. Head-shaft angle measurement in children with cerebral palsy // J. Pediatr. Orthop. 2009. Vol. 29. No. 3. P. 248–250. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31819bceee

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Данная работа не финансировалась.

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

Вклад авторов. А.С. Кузнецов — дизайн исследования, поиск и анализ литературных источников, написание текста статьи; О.В. Кожевников — анализ литературных источников, окончательное редактирование статьи; С.Э. Кралина — анализ литературных источников, редактирование текста статьи.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

24. Chang C.H., Chi C.H., Lee Z.L. Progressive *coxa vara* by eccentric growth tethering in immature pigs // J. Pediatr. Orthop. B. 2006. Vol. 15. No. 4. P. 302–306. DOI: 10.1097/01202412-200607000-00014
25. McGillion S., Clarke N.M. Lateral growth arrest of the proximal femoral physis: a new technique for serial radiological observation // J. Child Orthop. 2011. Vol. 5. No. 3. P. 201–207. DOI: 10.1007/s11832-011-0339-1
26. Torode I.P., Young J.L. Caput valgum associated with developmental dysplasia of the hip: management by transphyseal screw fixation // J. Child. Orthop. 2015. Vol. 9. No. 5. P. 371–9. DOI: 10.1007/s11832-015-0681-9
27. Agus H., Önvural B., Kazimoglu C., et al. Medial percutaneous hemi-epiphyseodesis improves the valgus tilt of the femoral head in developmental dysplasia of the hip (DDH) type-II avascular necrosis // Acta Orthop. 2015. Vol. 86. No. 4. P. 506–510. DOI: 10.3109/17453674.2015.1037222
28. Lee W.C., Kao H.K., Yang W.E., et al. Guided growth of the proximal femur for hip displacement in children with cerebral palsy // J. Pediatr. Orthop. 2016. Vol. 36. No. 5. P. 511–515. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000480
29. Hsieh H.C., Wang T.M., Kuo K.N., et al. Guided growth improves *coxa valga* and hip subluxation in children with cerebral palsy // Clin. Orthop. Relat. Res. 2019. Vol. 477. No. 11. P. 2568–2576. DOI: 10.1097/CORR.0000000000000903
30. Portinaro N., Turati M., Cometto M., et al. Guided growth of the proximal femur for the management of hip dysplasia in children with cerebral palsy // J. Pediatr. Orthop. 2019. Vol. 39. No. 8. P. e622–e628. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001069
31. Zakrzewski A.M., Carl J.R., McCarthy J.J. Proximal femoral screw hemiepiphysiodesis in children with cerebral palsy improves the radiographic measures of hip subluxation // J. Pediatr. Orthop. 2022. Vol. 42. No. 6. P. e583–e589. DOI: 10.1097/BPO.0000000000002152
32. d'Heurle A., McCarthy J., Klimaski D., et al. Proximal femoral growth modification: effect of screw, plate, and drill on asymmetric growth of the hip // J. Pediatr. Orthop. 2018. Vol. 38. No. 2. P. 100–104. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000771
33. Davids J.R., McBrayer D., Blackhurst D.W. Juvenile hallux valgus deformity: surgical management by lateral hemiepiphysiodesis of the great toe metatarsal // J. Pediatr. Orthop. 2007. Vol. 27. No. 7. P. 826–830. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181558a7c
34. Compere E.L., Garrison M., Fahey J.J. Deformities of the femur resulting from arrestment of growth of the capital and greater trochanteric epiphyses // J. Bone Joint Surg. Am. 1940. Vol. 22. P. 909–915.
35. Laurent L.E. Growth disturbances of the proximal end of the femur in the light of animal experiments // Acta Orthop. Scand. 1959. Vol. 28. P. 255–261. DOI: 10.3109/17453675908988630
36. Langenskiöld A., Salenius P. Epiphyseodesis of the greater trochanter // Acta Orthop. Scand. 1967. Vol. 38. No. 2. P. 199–219. DOI: 10.3109/17453676708989634
37. Edgren W. *Coxa plana*. A clinical and radiological investigation with particular reference to the importance of the metaphyseal changes for the final shape of the proximal part of the femur // Acta Orthop. Scand. Suppl. 1965. Suppl. 84. P. 1–129.
38. Langenskiöld A., Salenius P. Epiphyseodesis of the greater trochanter // Acta Orthop. Scand. 1967. Vol. 38. No. 2. P. 199–219. DOI: 10.3109/17453676708989634
39. Gage J.R., Cary J.M. The effects of trochanteric epiphyseodesis on growth of the proximal end of the femur following necrosis of the capital femoral epiphysis // J. Bone Joint Surg. Am. 1980. Vol. 62. No. 5. P. 785–794.
40. Stevens P.M., Coleman S.S. *Coxa breva*: its pathogenesis and a rationale for its management // J. Pediatr. Orthop. 1985. Vol. 5. No. 5. P. 515–521.
41. Westin G.W., Ilfeld F.W., Provost J. Total avascular necrosis of the capital femoral epiphysis in congenital dislocated hips // Clin. Orthop. Relat. Res. 1976. No. 119. P. 93–98.
42. Lloyd-Roberts G.C., Wetherill M.H., Fraser M. Trochanteric advancement for premature arrest of the femoral capital growth plate // J. Bone Joint Surg. Br. 1985. Vol. 67. No. 1. P. 21–24. DOI: 10.1302/0301-620X.67B1.3968136
43. Macnicol M.F., Makris D. Distal transfer of the greater trochanter // J. Bone Joint Surg. Br. 1991. Vol. 73. No. 5. P. 838–841. DOI: 10.1302/0301-620X.73B5.1894678
44. Buess P., Morscher E. Die schenkelhalsverlängernde Osteotomie mit Distalisierung des Trochanter major bei *Coxa vara* nach Hüftluxation [Osteotomy to lengthen the femur neck with distal adjustment of the trochanter major in *coxa vara* after hip dislocation] // Orthopäde. 1988. Vol. 17. No. 6. P. 485–490.
45. Mendes D.G. Intertrochanteric osteotomy for degenerative hip disease. Indications // Clin. Orthop. Relat. Res. 1975. No. 106. P. 60–74. DOI: 10.1097/00003086-197501000-00009
46. Schneidmueller D., Carstens C., Thomsen M. Surgical treatment of overgrowth of the greater trochanter in children and adolescents // J. Pediatr. Orthop. 2006. Vol. 26. No. 4. P. 486–90. DOI: 10.1097/01.bpo.0000226281.01202.94
47. Iwersen L.J., Kalen V., Eberle C. Relative trochanteric overgrowth after ischemic necrosis in congenital dislocation of the hip // J. Pediatr. Orthop. 1989. Vol. 9. No. 4. P. 381–385.
48. Matan A.J., Stevens P.M., Smith J.T., et al. Combination trochanteric arrest and intertrochanteric osteotomy for Perthes' disease // J. Pediatr. Orthop. 1996. Vol. 16. No. 1. P. 10–4. DOI: 10.1097/00004694-199601000-00003
49. McCarthy J.J., Weiner D.S. Greater trochanteric epiphyseodesis // Int. Orthop. 2008. Vol. 32. No. 4. P. 531–534. DOI: 10.1007/s00264-007-0346-5
50. Shah H., Siddesh N.D., Joseph B., et al. Effect of prophylactic trochanteric epiphyseodesis in older children with Perthes' disease // J. Pediatr. Orthop. 2009. Vol. 29. No. 8. P. 889–895. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181c1e943
51. Van Tongel A., Fabry G. Epiphyseodesis of the greater trochanter in Legg-Calvé-Perthes disease: the importance of timing // Acta Orthop. Belg. 2006. Vol. 72. No. 3. P. 309–313.
52. Stevens P.M., Anderson L.A., Gililland J.M., et al. Guided growth of the trochanteric apophysis combined with soft tissue release for Legg-Calvé-Perthes disease // Strategies Trauma Limb. Reconstr. 2014. Vol. 9. No. 1. P. 37–43. DOI: 10.1007/s11751-014-0186-y
53. Herring J.A., Kim H.T., Browne R. Legg-Calvé-Perthes disease. Part I: classification of radiographs with use of the modified lateral pillar and Stulberg classifications // J. Bone Joint Surg. Am. 2004. Vol. 86. No. 10. P. 2103–2120.
54. Kollitz K.M., Gee A.O. Classifications in brief: the Herring lateral pillar classification for Legg-Calvé-Perthes disease //

Clin. Orthop. Relat. Res. 2013. Vol. 471. No. 7. P. 2068–2072. DOI: 10.1007/s11999-013-2992-9

55. Kwon K.S., Wang S.I., Lee J.H., et al. Effect of greater trochanteric epiphysiodesis after femoral varus osteotomy for lateral pillar classification B and B/C border Legg-Calvé-Perthes disease: a retrospective observational study // *Medicine (Baltimore)*. 2017. Vol. 96. No. 31. DOI: 10.1097/MD.00000000000007723

56. Поздникин И.Ю., Басков В.Е., Барсуков Д.Б., и др. Апофизеодез большого вертела в комплексном лечении детей с патологией тазобедренного сустава (анализ предварительных

результатов) // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2020. Т. 8. № 3. С. 249–258. DOI: 10.17816/PTORS33942

57. Shin C.H., Hong W.K., Lee D.J., et al. Percutaneous medial hemiepiphysiodesis using a transphyseal screw for caput valgum associated with developmental dysplasia of the hip // *BMC Musculoskelet Disord*. 2017. Vol. 18. No. 451. DOI: 10.1186/s12891-017-1833-5

58. Peng S.H., Lee W.C., Kao H.K., et al. Guided growth for caput valgum in developmental dysplasia of the hip // *J. Pediatr. Orthop. B*. 2018. Vol. 27. No. 6. P. 485–490. DOI: 10.1097/BPB.0000000000000529

REFERENCES

1. Forrester-Brown MF. The Lorenz bifurcation osteotomy for irreducible congenital dislocation of hip: (Section of Orthopaedics). *Proc R Soc Med*. 1938;31(5):454–461.

2. Seeber E. Revalgisierung und Wachstumstendenz am proximalen Femur nach intertrochanteren Osteotomien [Recurrence of coxa valga and growth tendency of the proximal femur after intertrochanteric osteotomies]. *Beitr Orthop Traumatol*. 1976;23(7):391–398. (In Ger.)

3. Phemister DB. Operative arrestment of longitudinal growth of bones in the treatment of deformities. *J Bone Joint Surg*. 1933;15(1):1–15.

4. Métaizeau JP, Wong-Chung J, Bertrand H, et al. Percutaneous epiphysiodesis using transphyseal screws (PETS). *J Pediatr Orthop*. 1998;18(3):363–369.

5. Blount WP, Clarke GR. Control of bone growth by epiphyseal stapling; a preliminary report. *J Bone Joint Surg Am*. 1949;31A(3):464–478.

6. Stevens P. Guided growth: 1933 to the present. *Strat Traum Limb Recon*. 2006;1:29–35. DOI: 10.1007/s11751-006-0003-3

7. Siffert RS. Patterns of deformity of the developing hip. *Clin Orthop Relat Res*. 1981;(160):14–29.

8. Weinstein SL, Mubarak SJ, Wenger DR. Developmental hip dysplasia and dislocation: Part II. *Instr Course Lect*. 2004;53:531–542.

9. Поздникин И.Ю., Басков В.Е., Барсуков Д.Б., et al. Relative overgrowth of the greater trochanter and trochanteric-pelvic impingement syndrome in children: causes and x-ray anatomical characteristics. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2019;7(3):15–24. (In Russ.) DOI: 10.17816/PTORS7315-24

10. Kalamchi A, MacEwen GD. Avascular necrosis following treatment of congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am*. 1980;62(6):876–888.

11. Campbell P, Tarlow SD. Lateral tethering of the proximal femoral physis complicating the treatment of congenital hip dysplasia. *J Pediatr Orthop*. 1990;10(1):6–8.

12. Bowen JR, Johnson WJ. Percutaneous epiphysiodesis. *Clin Orthop Relat Res*. 1984;(190):170–173.

13. Brax P, Gille P. L'épiphysiodèse percutanée. Premiers essais concernant les os longs des membres inférieurs [Percutaneous epiphysiodesis. First trials with the long bones of the lower limbs]. *Chir Pediatr*. 1989;30(6):263–265. (In Fr.)

14. Canale ST, Russell TA, Holcomb RL. Percutaneous epiphysiodesis: experimental study and preliminary clinical results. *J Pediatr Orthop*. 1986;6(2):150–156.

15. Chang CH, Chi CH, Lee ZL. Progressive *coxa vara* by eccentric growth tethering in immature pigs. *J Pediatr Orthop B*. 2006;15(4):302–306. DOI: 10.1097/01202412-200607000-00014

16. McCarthy JJ, Noonan KJ, Nemke B, et al. Guided growth of the proximal femur: a pilot study in the lamb model. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(7):690–694. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181edef71

17. Oh CW, Joo SY, Kumar SJ, et al. A radiological classification of lateral growth arrest of the proximal femoral physis after treatment for developmental dysplasia of the hip. *J Pediatr Orthop*. 2009;29(4):331–335. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181a5b09c

18. Kim HW, Morcuende JA, Dolan LA, et al. Acetabular development in developmental dysplasia of the hip complicated by lateral growth disturbance of the capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Am*. 2000;82(12):1692–1700. DOI: 10.2106/00004623-200012000-00002

19. Beletskii AV, Sokolovskii OA, Likhachevskii YuV, et al. Osobnosti formirovaniya deformatsii proksimal'nogo otdela bedrennoi kosti (II tip po Kalamchi) i ee diagnostika. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye*. 2011;(4):5–12. (In Russ.)

20. Bowen JR, Johnson WJ. Percutaneous epiphysiodesis. *Clin Orthop Relat Res*. 1984;(190):170–173.

21. Canale ST, Russell TA, Holcomb RL. Percutaneous epiphysiodesis: experimental study and preliminary clinical results. *J Pediatr Orthop*. 1986;6(2):150–156.

22. Weinstein JN, Kuo KN, Millar EA. Congenital *coxa vara*. A retrospective review. *J Pediatr Orthop*. 1984;4(1):70–77. DOI: 10.1097/01241398-198401000-00015

23. Foroohar A, McCarthy JJ, Yucha D, et al. Head-shaft angle measurement in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 2009;29(3):248–250. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31819bceee

24. Chang CH, Chi CH, Lee ZL. Progressive *coxa vara* by eccentric growth tethering in immature pigs. *J Pediatr Orthop B*. 2006;15(4):302–306. DOI: 10.1097/01202412-200607000-00014

25. McGillion S, Clarke NM. Lateral growth arrest of the proximal femoral physis: a new technique for serial radiological observation. *J Child Orthop*. 2011;5(3):201–207. DOI: 10.1007/s11832-011-0339-1

26. Torode IP, Young JL. Caput valgum associated with developmental dysplasia of the hip: management by transphyseal screw fixation. *J Child Orthop*. 2015;9(5):371–379. DOI: 10.1007/s11832-015-0681-9

27. Agus H, Önvural B, Kazimoglu C, et al. Medial percutaneous hemiepiphysiodesis improves the valgus tilt of the femoral head in developmental dysplasia of the hip (DDH) type-II avascular necrosis. *Acta Orthop*. 2015;86(4):506–510. DOI: 10.3109/17453674.2015.1037222

28. Lee WC, Kao HK, Yang WE, et al. Guided growth of the proximal femur for hip displacement in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 2016;36(5):511–515. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000480
29. Hsieh HC, Wang TM, Kuo KN, et al. Guided growth improves *coxa valga* and hip subluxation in children with cerebral palsy. *Clin Orthop Relat Res*. 2019;477(11):2568–2576. DOI: 10.1097/CORR.0000000000000903
30. Portinaro N, Turati M, Cometto M, et al. Guided growth of the proximal femur for the management of hip dysplasia in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 2019;39(8):e622–e628. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001069
31. Zakrzewski AM, Carl JR, McCarthy JJ. Proximal femoral screw hemiepiphyseodesis in children with cerebral palsy improves the radiographic measures of hip subluxation. *J Pediatr Orthop*. 2022;42(6):e583–e589. DOI: 10.1097/BPO.0000000000002152
32. d'Heurle A, McCarthy J, Klimaski D, et al. Proximal femoral growth modification: effect of screw, plate, and drill on asymmetric growth of the hip. *J Pediatr Orthop*. 2018;38(2):100–104. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000771
33. Davids JR, McBrayer D, Blackhurst DW. Juvenile hallux valgus deformity: surgical management by lateral hemiepiphyseodesis of the great toe metatarsal. *J Pediatr Orthop*. 2007;27(7):826–830. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181558a7c
34. Compere EL, Garrison M, Fahey JJ. Deformities of the femur resulting from arrestment of growth of the capital and greater trochanteric epiphyses. *J Bone Joint Surg Am*. 1940;22:909–915
35. Laurent LE. Growth disturbances of the proximal end of the femur in the light of animal experiments. *Acta Orthop Scand*. 1959;28:255–261. DOI: 10.3109/17453675908988630
36. Langenskiöld A, Salenius P. Epiphyseodesis of the greater trochanter. *Acta Orthop Scand*. 1967;38(2):199–219. DOI: 10.3109/17453676708989634
37. Edgren W. Coxa plana. A clinical and radiological investigation with particular reference to the importance of the metaphyseal changes for the final shape of the proximal part of the femur. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1965;Suppl 84:1–129.
38. Langenskiöld A, Salenius P. Epiphyseodesis of the greater trochanter. *Acta Orthop Scand*. 1967;38(2):199–219. DOI: 10.3109/17453676708989634
39. Gage JR, Cary JM. The effects of trochanteric epiphyseodesis on growth of the proximal end of the femur following necrosis of the capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Am*. 1980;62(5):785–794.
40. Stevens PM, Coleman SS. *Coxa breva*: its pathogenesis and a rationale for its management. *J Pediatr Orthop*. 1985;5(5):515–521.
41. Westin GW, Ilfeld FW, Provost J. Total avascular necrosis of the capital femoral epiphysis in congenital dislocated hips. *Clin Orthop Relat Res*. 1976;(119):93–98.
42. Lloyd-Roberts GC, Wetherill MH, Fraser M. Trochanteric advancement for premature arrest of the femoral capital growth plate. *J Bone Joint Surg Br*. 1985;67(1):21–24. DOI: 10.1302/0301-620X.67B1.3968136
43. Macnicol MF, Makris D. Distal transfer of the greater trochanter. *J Bone Joint Surg Br*. 1991;73(5):838–841. DOI: 10.1302/0301-620X.73B5.1894678
44. Buess P, Morscher E. Die schenkelhalsverlängernde Osteotomie mit Distalisierung des Trochanter major bei *Coxa vara* nach Hüftluxation [Osteotomy to lengthen the femur neck with distal adjustment of the trochanter major in *coxa vara* after hip dislocation]. *Orthopäde*. 1988;17(6):485–490. (In Ger.)
45. Mendes DG. Intertrochanteric osteotomy for degenerative hip disease. Indications. *Clin Orthop Relat Res*. 1975;(106):60–74. DOI: 10.1097/00003086-197501000-00009
46. Schneidmueller D, Carstens C, Thomsen M. Surgical treatment of overgrowth of the greater trochanter in children and adolescents. *J Pediatr Orthop*. 2006;26(4):486–490. DOI: 10.1097/01.bpo.0000226281.01202.94
47. Iwersen LJ, Kalen V, Eberle C. Relative trochanteric overgrowth after ischemic necrosis in congenital dislocation of the hip. *J Pediatr Orthop*. 1989;9(4):381–385.
48. Matan AJ, Stevens PM, Smith JT, et al. Combination trochanteric arrest and intertrochanteric osteotomy for Perthes' disease. *J Pediatr Orthop*. 1996;16(1):10–14. DOI: 10.1097/00004694-199601000-00003
49. McCarthy JJ, Weiner DS. Greater trochanteric epiphyseodesis. *Int Orthop*. 2008;32(4):531–534. DOI: 10.1007/s00264-007-0346-5
50. Shah H, Siddesh ND, Joseph B, et al. Effect of prophylactic trochanteric epiphyseodesis in older children with Perthes' disease. *J Pediatr Orthop*. 2009;29(8):889–895. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181c1e943
51. Van Tongel A, Fabry G. Epiphyseodesis of the greater trochanter in Legg-Calvé-Perthes disease: the importance of timing. *Acta Orthop Belg*. 2006;72(3):309–313.
52. Stevens PM, Anderson LA, Gililand JM, et al. Guided growth of the trochanteric apophysis combined with soft tissue release for Legg-Calvé-Perthes disease. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2014;9(1):37–43. DOI: 10.1007/s11751-014-0186-y
53. Herring JA, Kim HT, Browne R. Legg-Calvé-Perthes disease. Part I: classification of radiographs with use of the modified lateral pillar and Stulberg classifications. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86(10):2103–2120.
54. Kollitz KM, Gee AO. Classifications in brief: the Herring lateral pillar classification for Legg-Calvé-Perthes disease. *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(7):2068–2072. DOI: 10.1007/s11999-013-2992-9
55. Kwon KS, Wang SI, Lee JH, et al. Effect of greater trochanteric epiphyseodesis after femoral varus osteotomy for lateral pillar classification B and B/C border Legg-Calvé-Perthes disease: a retrospective observational study. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(31). DOI: 10.1097/MD.00000000000007723
56. Pozdnikun IY, Baskov VE, Barsukov DB, et al. Trochanteric epiphyseodesis in complex treatment of children with hip pathology: analysis of preliminary results. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2020;8(3):249–258. (In Russ.) DOI: 10.17816/PTORS33942
57. Shin CH, Hong WK, Lee DJ, et al. Percutaneous medial hemiepiphyseodesis using a transphyseal screw for caput valgum associated with developmental dysplasia of the hip. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017;18(451). DOI: 10.1186/s12891-017-1833-5
58. Peng SH, Lee WC, Kao HK, et al. Guided growth for caput valgum in developmental dysplasia of the hip. *J Pediatr Orthop B*. 2018;27(6):485–490. DOI: 10.1097/BPB.0000000000000529

ОБ АВТОРАХ

* **Анатолий Сергеевич Кузнецов**, аспирант;
адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10;
ORCID: 0000-0003-2790-1063;
eLibrary SPIN: 5151-8573;
e-mail: ortokuznetsov@gmail.com

Олег Всеволодович Кожевников, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0003-3929-6294;
eLibrary SPIN: 9538-4058;
e-mail: 10otdcito@mail.ru

Светлана Эдуардовна Кралина, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0001-6956-6801;
eLibrary SPIN: 9178-0184;
e-mail: Kralina_s@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

* **Anatoly S. Kuznetsov**, MD, PhD student;
address: 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia;
ORCID: 0000-0003-2790-1063;
eLibrary SPIN: 5151-8573;
e-mail: ortokuznetsov@gmail.com

Oleg V. Kozhevnikov, MD, PhD, Dr. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0003-3929-6294;
eLibrary SPIN: 9538-4058;
e-mail: 10otdcito@mail.ru

Svetlana E. Kralina, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0001-6956-6801;
eLibrary SPIN: 9178-0184;
e-mail: Kralina_s@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author