

Диагностика деформаций в области коленного сустава (обзор литературы)

Ю. М. Александров, Г. В. Дьячкова

Diagnostics of the knee zone deformities (Review of the literature)

Yu. M. Aleksandrov, G. V. Diachkova

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова» Минздравсоцразвития РФ, г. Курган (директор — д. м. н. А.В. Губин)

"...геометрические формы суставных поверхностей так логически связаны с отправлениями суставов, что по анализу формы можно определить все существующие в суставе движения и, обратно, по движениям, наблюдаемым у живого, можно с математической точностью определить форму, лежащую в основании этого движения"

П. Ф. Лесгафт, 1968

Диагностика патологических изменений в области коленного сустава при ортопедической патологии основывается на клиническом и биомеханическом обследовании больных и на лучевых методах визуализации, среди которых рентгенографии принадлежит основная роль [9, 18, 22]. К дополнительным методам относятся линейная томография и УЗИ. Кроме того, используются специальные методики — МРТ, КТ, которые позволяют получить наиболее точную информацию о состоянии костей, образующих сустав, и всех структурных элементов сустава [1, 12, 14, 16, 26, 32, 51].

Как и для других суставов, тщательное рентгеновское и дополнительное обследование чрезвычайно важно, поскольку играет роль в правильном планировании оперативного вмешательства, особенно при устранении деформаций, для выбора плоскости и уровня остеотомии с учетом механической и биомеханической оси [15, 17]. Методики расчета этих параметров, их современные методы исследования являлись объектом многочисленных научных работ [2, 4, 6, 31, 45]. Так, в работе И. М. Заирного (2005) рассмотрены некоторые биомеханические аспекты особенностей нагружения коленного сустава, в частности, анализ сил и мгновенных воздействий для установления активной и пассивной опорной нагрузок [13]. В литературе достаточно подробно описаны методики и представлены схемы определения механической и биомеханической оси нижней конечности, а также их изменения при деформациях коленного сустава (рис. 1).

Для выявления варусной или вальгусной деформации в области коленного сустава до операции необходимо выполнить рентгенографию обеих нижних конечностей (с захватом всего бедра и всей голени с центром на уровне коленного сустава) в прямой проекции, в положении стоя. На полученных рентгенограммах необходимо провести линию, проходящую через

центр канала бедренной кости к центру коленного сустава (анатомическая ось); после этого — линию, проходящую через головку бедренной кости и центр коленного сустава (механическая ось). Угол между этими двумя линиями называется углом вальгусного отклонения, который в норме составляет 3–8° (рис. 2).

Многие авторы отмечают, что для правильной оценки величины деформации необходимы стандартные укладки при рентгенографии с учетом положения коленного и голеностопного суставов, строгий выбор проекции [23, 54]. В настоящее время большое внимание уделяется возможностям КТ и МРТ для этой цели [28, 36, 53].

В литературе неоднократно поднимался вопрос о величине физиологического варуса. Для выявления отличий между инфантильной варусной деформацией голени у восемнадцати детей до трехлетнего возраста от физиологической варусной деформации (50 детей в том же возрасте) проведены рентгенологические исследования. Все дети с инфантильной голенью имели положительный *'cover up' test*. Данный тест качественно оценивает соосность проксимального отдела голени относительно бедра. Выраженный вальгус расценивается как отрицательный результат и указывает на физиологическое искривление. Нейтральная или варусная ориентация расценивается как положительный результат и предполагает, что ребенок имеет высокую степень риска развития *infantile tibia vara* (чувствительность = 1,00). 43 из 50 детей с физиологической деформацией имели отрицательный *'cover up' test*, (специфичность = 0,86). Все дети с отрицательным *'cover up' test* фактически имели физиологическую деформацию (отрицательная зависимость = 1,00), не требовали рентгенологической оценки и наблюдались клинически. Детям с положительным *'cover up' test* необходимо дополнительно проводить рентгенологическое исследова-

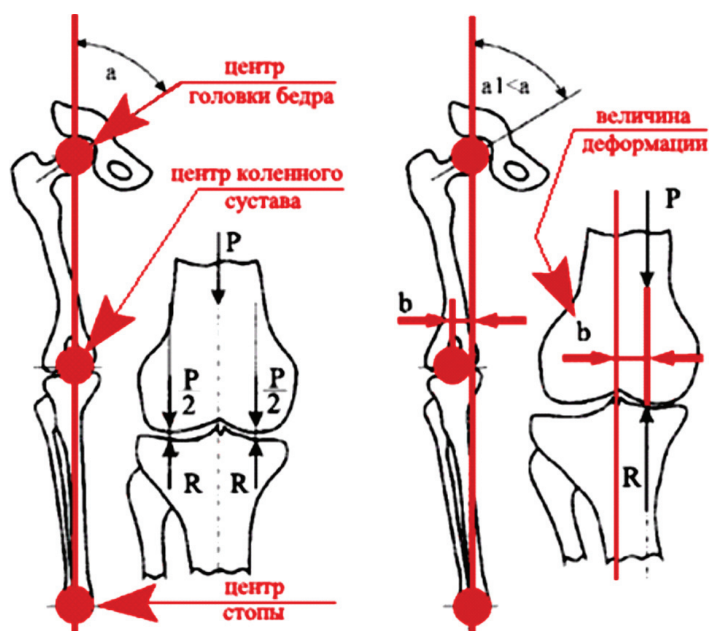
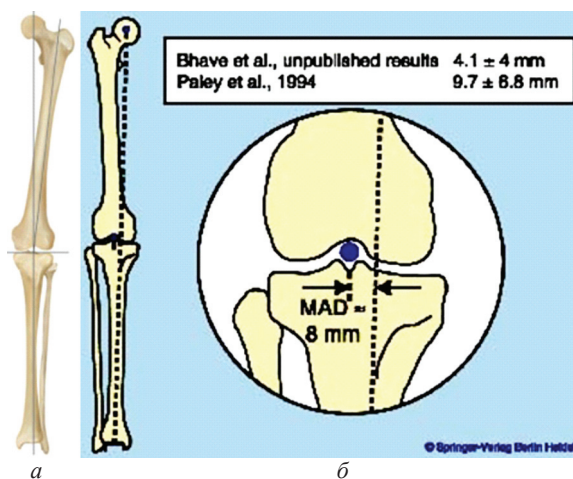
Рис. 1. Схема нормальной варусной установки коленного сустава (<http://orthopaedic.aesthetic.com.ua/>)

Рис. 2. Схема измерения угла отклонения: а — Johnson & Johnson Gateway, LLC 2000–2007; б — D. Paley et al., 2000 [46]

ние конечностей с наблюдением у специалиста для дальнейшей оценки и лечения [35]. Достаточно важными можно считать данные о том, в каких отделах бедренной и большеберцовой кости происходит наиболее активный рост, поскольку это связано с прогнозированием роста при поражении той или иной зоны роста. По данным J. W. Pritchett (1992), около 70 % роста бедренной кости происходит за счет дистальной зоны роста. Доля роста дистального отдела бедренной кости у девочек колеблется от 60 % в семь лет до 90 % в возрасте 14 лет. У мальчиков эти показатели колеблются от 55 % в семь лет до 90 % в возрасте 16 лет. Вклад проксимальной зоны роста большеберцовой кости составляет примерно 57 %. У девочек эти показатели колеблются от 50 % в семь лет до 80 % в возрасте 14 лет. У мальчиков — от 50 % в семь лет до 80 % в возрасте 16 лет. В возрасте от семи лет до скелетной зрелости дистальный отдел бедренной кости растет приблизительно по 1,3 см в год, за исключением последних двух лет, когда эта величина снижается в два раза [48]. Эти закономер-

ности также учитываются при прогнозировании исходов после травмы эпиметафизарных ростковых зон.

Рентгенологическая оценка деформации коленного сустава во фронтальной плоскости часто бывает ошибочной по причине затруднений в определении правильного положения ротации нижней конечности. Деформация недооценивается в том случае, если направление рентгеновского луча не перпендикулярно фронтальной плоскости. Для точного определения фронтальной плоскости необходимо найти такую латеральную проекцию, которая получается при наложении задних краев бедренных мыщелков друг на друга. После расположения пациента в настоящем латеральном положении делают вторую рентгенограмму на большой пленке в плоскости под прямыми углами к предыдущей пленке. Таким образом получают истинную фронтальную плоскость, для которой не требуется ориентировка по положению стопы или надколенника, которое имеет тенденцию меняться. Сопутствующая флекссионная деформация не сводит результат на нет. При использовании этой методики можно показать, что обычные методы имеют тенденцию недооценивать степень деформации коленного сустава [29, 33].

В 1989–2001 годах Л. В. Скляр с точки зрения биомеханики предложены расчеты необходимой величины удлинения, которая напрямую зависела от степени деформации [25]. Однако определение необходимой коррекции при высокой остеотомии большеберцовой кости по измерению на рентгенограммах угла между бедренной и большеберцовой костью недостаточно надежно, поскольку колено может находиться в различных позициях [53–55].

Большое значение многие авторы уделяли выявлению причин появления деформаций в коленном суставе, соизмеряя их с возрастными изменениями в костях, поскольку устранение деформаций в детском возрасте должно проходить с учетом состояния зоны роста [21, 23, 42].

Общеизвестно, что хрящевая ткань не имеет сосудов и «питается» диффузно за счет костной сосудистой сети. Соответственно, любая неадекватная компрессия может вызвать биологические сдвиги типа нервно-дистрофических расстройств, а затем и асептический некроз. Особенно часто это происходит на фоне изначально измененного хряща, чем в данном случае является диспластически измененная ростковая зона. Замедляется и извращается процесс оссификации и созревания, поскольку разрушенный хрящ оссифицируется гораздо медленнее. В дальнейшем замыкается «порочный» круг: продолжает действие компримирующий фактор, что на фоне нарушенной оссификации и в результате этого недостаточно устойчивой к компрессии зоны дисплазии приводит к деформации.

Особое значение имеют работы по изучению причин появления посттравматических и других деформаций у детей [44, 49, 50]. Количество публикаций на эту тему достаточно велико, и авторы затрагивают различные проблемы, в том числе и спонтанную коррекцию деформации у детей [52]. Во многих работах уделяется большое внимание тщательному анализу роста в медиальном и латеральном отделах метаэпифиза большеберцовой кости после переломов, распространяющихся на ростковую зону.

Изучив результаты консервативного лечения семи детей с переломами в области проксимального метафиза большеберцовой кости и угловой деформацией через 18 месяцев — 11 лет после перелома, исследователи выявили у шести пациентов, по данным рентгенографии, вальгусные деформации, которые прогрессировали в течение первого года, несмотря на сращение перелома. Через один–два года после травмы деформация медленно регрессировала в результате корректирующего продольного роста [38]. По мнению С. С. Hasler, L. von Laer (2000), нарушение роста, с его стимулированием после переломов, обычно происходит после переломов в области проксимального метафиза большеберцовой кости [39]. Если игнорировать небольшую вальгизацию, нарушение роста может привести к прогрессирующей варусной деформации. Частичное замыкание зоны роста после переломов в области эпифиза (Salter-Harris III и IV) или после эпифизеолизом (Salter-Harris-type I, II) и величина деформации в этих случаях зависит от величины зоны замыкания и ее локализации. Правильное лечение при переломах позволяет уменьшить риск развития деформаций, но только на 20–35 % в зависимости от локализации повреждения.

Некоторые авторы считают, что при устранении деформаций, возникших после повреждения эпифиза, необходимо выполнять корригирующую остеотомию с поправкой на дальнейший рост, чтобы предупредить вторичную деформацию, а другие — что лечение посттравматической вальгусной деформации у детей должно проводиться после окончания роста и у детей с вторичной деформацией [30, 47].

В ряде работ изучено влияние перелома на дальнейший рост кости и ее структуру. А. М. Waldegger et al. (2001) отметили, что после травмы в проксимальном отделе большеберцовой кости возможно частичное закрытие зоны роста у детей. Авторы предлагают устранять подобные деформации про-

ведением остеотомии с частичным закрытием зоны роста. Необходимо наблюдение за больными детьми после травмы в области ростковой зоны с целью своевременного оперативного вмешательства [34].

По мнению J. R. Davids et al. (2000), в этиологии *tibia vara* у детей играет роль биомеханическая перегрузка зоны роста проксимального отдела большеберцовой кости ввиду статического положения на варус и чрезмерной массы тела [35]. Относится ли подобный патофизиологический процесс к подростковой *tibia vara* — спорный вопрос с малой вероятностью единого мнения в отношении природы и значения статического положения коленного сустава на ранних этапах развития заболевания. Полученные данные подтвердили клинические наблюдения относительно того, что лежащее в основе смещение коленного сустава в статическом положении варуса не является предпосылкой развития *tibia vara* у подростков, а также показывает значение отклонений динамической походки с учетом нагружения коленного сустава [35].

Наиболее тяжелые и выраженные изменения в коленном суставе наступают у больных с последствиями гематогенного остеомиелита, к которым относят укорочения, осевые деформации, ложные суставы и дефекты костей, застарелые патологические подвывихи и вывихи, анкилозы, дегенеративно-дистрофические поражения суставов [7, 18, 27, 37]. Заболеваемость детей острым гематогенным остеомиелитом (ОГО) за последние 20 лет не уменьшилась, но продолжительность лечения в стационаре сократилась, так же как и продолжительность лечения антибиотиками [43]. После стихания острого гнойно-воспалительного процесса, с ростом ребенка происходит развитие деформаций дистального отдела бедренной кости, выражающихся в виде комбинаций нарушений роста бедренной кости в длину и осевых деформаций коленного сустава. Кроме того, при окколосуставных деформациях коленного сустава происходит компенсаторно-приспособительные «ротационноугловые» изменения в тазобедренном суставе [21]. При этом страдает весь опорно-двигательный аппарат и позвоночник, что приводит в 25–33 % случаев к инвалидизации [3].

Количество ортопедических осложнений у больных с последствиями гематогенного остеомиелита (вывихи, деформации, укорочения, контрактуры и анкилозы крупных суставов) составляют от 31 до 71 %. У детей тяжесть заболевания в отдаленные сроки усугубляется поражением метаэпифизарных зон, что приводит к нарушению дальнейшего формирования опорно-двигательного аппарата. Наиболее часто поражаются эпиметафизарная (54,5 %) и метафизарная (39,6 %) зоны длинных трубчатых костей, а по локализации чаще всего поражается бедренная кость, как на одном, так и на нескольких уровнях, составляя 38–46 % всех случаев гематогенного остеомиелита [7, 8, 10]. Поражение дистального метаэпифиза бедренной кости занимает второе место после поражения проксимального и составляет от 27,5 до 50 % [1, 10, 19, 20].

Ортопедические осложнения перенесенного острого гематогенного метаэпифизарного остеомиелита (ОГМЭО) при поражении бедренной кости имеют некоторые особенности и встречаются в виде

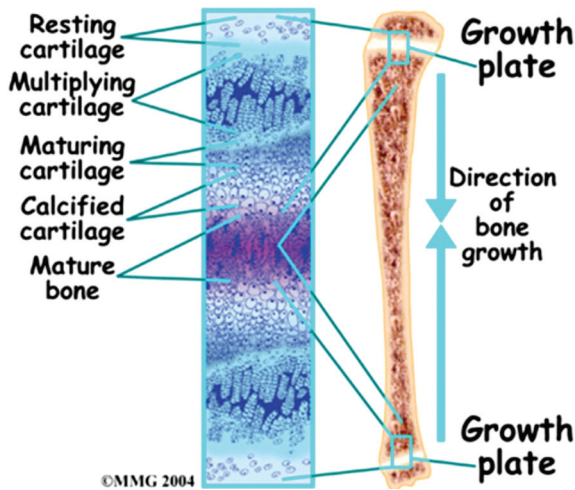


Рис. 3. Схема строения растущей кости. MMG 2004
<http://www.betterbraces.com/HelpfulLinks/ViewTopics.aspx?CID=46&TID=5240e77e013f7ae1684a61b1c3c33d21>

различных форм деструкций в области проксимального отдела бедренной кости (ПОБК), а в области коленного сустава наиболее часто проявляются в виде различных многоплоскостных деформаций, сочетающихся с анатомическим укорочением конечности (вследствие повреждения ростковых зон), реже в виде деструктивных изменений костей, образующих коленный сустав [11, 18].

Наиболее подробно рентгеноморфологические изменения дистального конца бедренной кости и проксимального метаэпифиза большеберцовой описаны в работах Г. В. Гайко (1988), Ю. Е. Гаркавенко с соавт. (2000), Г. В. Дьячковой и Г. В. Данильченко (2006), А. В. Брытова с соавт. (2008) [5, 7, 11]. Отдельно описаны изменения в области мыщелков, зоне роста, метафизарном отделе. Выявлены характерные изменения в этих зонах, описаны специфические рентгеновские проявления остеосклероза, изменения структуры эпифизов, межмыщелкового углубления. Все многообразие клинко-рентгенологических изменений при деформации коленного сустава на почве перенесен-

ного гематогенного остеомиелита классифицировано и выделено 5 наиболее часто встречающихся видов анатомических изменений в суставе (рис. 4).

1. Поражение небольшого участка только суставной поверхности эпифиза, когда зона роста остается неизменной. Функциональные и анатомические изменения выражены слабо.

2. Изолированное поражение ростковой зоны, которое в процессе роста ребенка приводит к деформации одного из эпифизов, образующих коленный сустав. Деструкция самих мыщелков отсутствует.

3. Поражение эпифиза и ростковой зоны в тех случаях, когда распространенность их невелика. Деформация коленного сустава достигает средней тяжести и сопровождается значительной избыточной боковой подвижностью в коленном суставе.

4. Поражение мыщелков бедра или голени вместе с ростковой зоной, достигающее резкой выраженности. Деформация сустава тяжелой степени. При этом виде поражений в одном случае имеет место значительное разрушение воспалительным процессом костной и хрящевой ткани части метаэпифиза, где в этой области определяется рубцовая соединительная ткань. В другом случае отмечается торможение процессов оссификации сохранившегося хрящевого мыщелка. При этом с целью дифференциальной диагностики необходима артропневмография коленного сустава с добавлением контрастного вещества.

5. Обширное разрушение обоих мыщелков одного из суставных концов коленного сустава, включая зону роста.

В 2008 году опубликована работа группы авторов, в которой представлена классификация поражения зоны роста в области коленного сустава и изменения в нем в зависимости от протяженности и локализации деструктивного процесса [5] (рис. 5).

Полученные данные, по мнению авторов, имеют большое значение в дифференцированном подходе к выбору метода лечения.

В последние годы проведен ряд исследований, касающихся изучения рентгеноморфологических изменений зоны роста и прилежащих к ней отделов у детей с деформациями в области коленного сустава современными методами исследования. В работе Arai K. et al. (2001) показана полноценность магнитно-резонансной томографии (МРТ) в оценке варусной деформации голени. Авторы сообщают о результатах МРТ трех пациентов с выраженной варусной деформацией голени, которая была верифицирована гистологически. Программа с подавлением жира показала частичное закрытие зоны роста у одного пациента и почти полное закрытие у другого пациента. Им была сделана остеотомия без последующего рецидивирования. У третьего пациента при МРТ были выявлены незначительные изменения зоны роста, проведено консервативное лечение. Варусная деформация уменьшилась, хотя определенные изменения сохранялись, гистологическое исследование показало дезорганизацию клеток зоны роста [41].

Совершенствование диагностических технологий позволило провести исследования по определению функциональной активности зоны роста по степени гидратации в поврежденном ее участке. Это играет

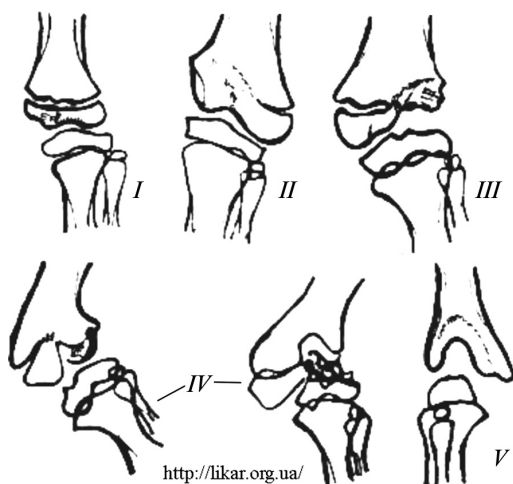


Рис. 4. Классификация видов анатомических изменений в коленном суставе после гематогенного остеомиелита. (Г. И. Гайворонский, Л. К. Закревский, Ю. В. Курочкин, В. И. Осташко, 2006; <http://likar.org.ua/>)

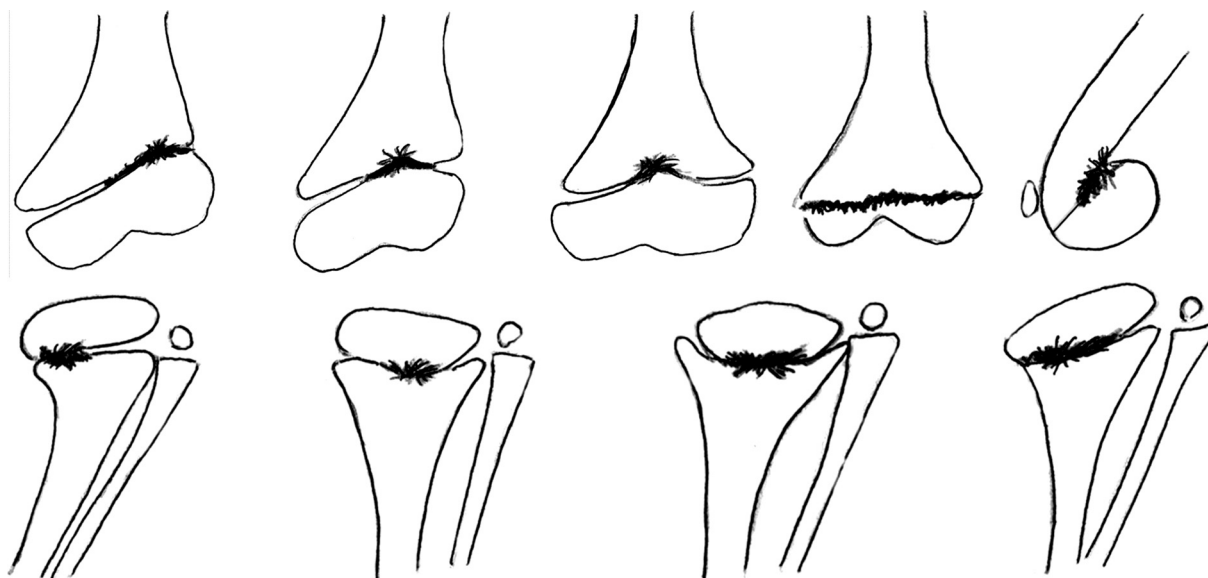


Рис. 5. Схема анатомо-функциональных вариантов нарушения зон роста коленного сустава у больных с последствиями гематогенного остеомиелита (Брытов А. В. Варианты поражения зон роста трубчатых костей и деформаций коленного сустава у детей после перенесенного острого гематогенного остеомиелита (рентгено-томографическая диагностика) / А. В. Брытов, А. П. Поздеев, О. Н. Маричева, Т. В. Попова, Ю. Е. Гаркавенко // Травматология и ортопедия России. 2008. № 3. С. 47 – 53)

большую роль в определении тактических подходов к лечению больных. Применение разработанных авторами компоновок для одновременной коррекции деформаций и удлинения сегментов конечностей с учетом анатомо-биомеханических особенностей деформированного или укороченного сегмента позволило достичь положительного результата лечения у 97,37 % больных с указанной патологией [24].

В работе Malcius D. (2005) 15 детей, которые пострадали от острой костно-суставной инфекции вокруг коленного сустава, были обследованы методом МРТ через шесть месяцев после начала заболевания. Все пациенты оценивались по клиническим и рентгенографическим данным перед проведением магнитно-резонансной томографии. Нарушения в зоне роста (метафиза и/или эпифиза) на МРТ были обнаружены у пяти детей из 15. Авторы считают, что МРТ является важным исследованием в оценке не только зоны роста в ранний период после острой костно-суставной инфекции, но и степени поражения прилежащих отделов кости. Использование МРТ для оценки состояния зон роста должны быть включены

в протокол исследования больных с последствиями острой костно-суставной инфекции. Это может предотвратить катастрофические осложнения, которые иначе нельзя обнаружить [43].

Анализ литературы свидетельствует, прежде всего, о важности рассматриваемой проблемы и многочисленных аспектах ее рассмотрения в плане диагностики. Речь идет о биомеханике коленного сустава в норме и патологии, причинах деформаций, их этиологических особенностях, рентгеноморфологических изменениях при различной патологии, методах исследования и их роли в решении тактических вопросов лечения больных, особенно детского возраста, с деформациями коленного сустава. Несомненно, много сделано как в плане диагностических разработок, так и методов лечения, тем не менее, возможности современных методов исследования явно реализованы не в полной мере для более полной оценки степени повреждения ростковой зоны, прогнозов ее функционирования, возможности появления рецидивов заболевания и способов их профилактики, особенно у детей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анатомия коленного сустава при магнитно-резонансной томографии : учеб.-метод. пособие для врачей лучевых диагностов, травматологов-ортопедов, хирургов, терапевтов, педиатров / сост.: И. Р. Кузина, Ж. А. Толкаева, Ж. В. Пикельгаупт. Новокузнецк, 2000. 32 с.
2. Биомеханические критерии определения показаний к оперативному лечению посттравматических деформаций коленного сустава у детей / В. Н. Меркулов [и др.] // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2006. № 1. С. 43–47.
3. Белокрылов Н. М., Гонина О. В., Полякова Н. В. Восстановление опороспособности при грубой деструкции проксимального отдела бедра // Актуальные вопросы детской травматологии и ортопедии: материалы науч.-практ. конф. детских травматологов-ортопедов России. СПб., 2005. С. 292–293.
4. Безгодков Ю. А., Садыков Н. Р. Особенности биомеханической оценки состояния локомоторной системы у больных с поражением крупных суставов нижних конечностей // Травматология и ортопедия XXI века : сб. тез. докл. VIII съезда травматологов-ортопедов России. Самара, 2006. Т. 1. С. 480–481.
5. Варианты поражения зон роста трубчатых костей и деформаций коленного сустава у детей после перенесенного острого гематогенного остеомиелита (рентгено-томографическая диагностика) / А. В. Брытов [и др.] // Травматология и ортопедия России. 2008. № 3. С. 47–53.
6. Методика индивидуального распределения нагрузки на коленный сустав / А. А. Воробьев [и др.] // Биомед. радиоэлектроника. 2008. № 4. С. 50–59.
7. Гайко Г. В. Нарушение роста и формирования длинных костей после гематогенного остеомиелита у детей и подростков // Ортопедия, травматология и протезирование. 1988. № 4. С. 28–31.

8. Реабилитация детей и подростков с укороченным бедром после перенесенного гематогенного остеомиелита на этапах восстановительного лечения / Ю. Е. Гаркавенко [и др.] // Актуальные вопросы детской травматологии и ортопедии: материалы науч.-практ. конф. дет. ортопедов-травматологов России. СПб, 2000. С. 262–266.
9. Даниелян О. А., Янакова О. М., Заславская А. М. Основные задачи клинического и инструментальных методов исследования у больных с последствиями гематогенного остеомиелита // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Казань, 1996. С. 212.
10. Дьячкова Г. В., Данильченко Г. В. Рентгеноморфологические проявления последствий гематогенного остеомиелита // Гений ортопедии. 2006. № 1. С. 67–70.
11. Дьячкова Г. В., Данильченко Г. В. Рентгенологические изменения бедренной и большеберцовой костей у больных с последствиями остеомиелита // Травматология и ортопедия России. 2004. № 3. С. 28–30.
12. Еськин Н. А., Атабекова Л. А., Бурков С. Г. Ультрасонография коленных суставов (методика и ультразвуковая анатомия) // SonoAcce-International. 2002. № 10. С. 85–92.
13. Заирный И. М. Биомеханика коленного сустава с точки зрения имплантации эндопротеза // Літопис травматології та ортопедії. 2005. № 3–4. С. 131–134.
14. Зубарев А. В. Ультразвуковая диагностика в травматологии: практ. рук. М., 2003. 143 с.
15. Котельников Г. П., Чернов А. П. Хирургическая коррекция деформаций коленного сустава. Самара, 1999. 184 с.
16. Мак Нелли Ю. Ультразвуковые исследования костно-мышечной системы: практ. рук. М.: Видар, 2007. 400 с.
17. Орлянский В., Головаха М., Шабус Р. Корригирующие остеотомии в области коленного сустава. Дніпропетровськ: Пороги, 2009. 159 с.
18. Поздеев А. П., Гаркавенко Ю. Е., Базаров Р. А. Восстановительное лечение детей и подростков с последствиями перенесенного острого гематогенного остеомиелита длинных трубчатых костей // Актуальные вопросы детской хирургии и педиатрии: сб. науч. работ, посвящ. 30-летию дет. клин. б-цы № 3 и 25-летию кафедры дет. хирургии Ярославской гос. мед. академии. Ярославль, 2000. С. 108–109.
19. Поздеев А. П., Брытов А. В., Гаркавенко Ю. Е. Оперативное лечение детей с последствиями острого гематогенного остеомиелита коленного сустава // Травматология и ортопедия XXI века: сб. тез. докл. VIII съезда травматологов-ортопедов России. Самара, 2006. Т. 2. С. 1140–1141.
20. Поздеев А. П., Брытов А. В., Гаркавенко Ю. Е. Варианты поражения эпифизарных зон роста эпиметафизов костей, образующих коленный сустав, у детей после перенесенного острого гематогенного остеомиелита (клиника и диагностика) // Травматология и ортопедия России. 2007. № 3. Приложение. С. 107–108.
21. Патология кости: пер. с англ. / П. А. Ревелл. М.: Медицина, 1993. 368 с.
22. Рейнберг С. А. Рентгенодиагностика заболеваний костей и суставов. М.: Медгиз, 1964. 572 с.
23. Садофьева В. И. Нормальная рентгеноанатомия костно-суставной системы детей. Л.: Медицина, 1990. 216 с.
24. Сковцов А. П., Малеев М. В., Андреев П. С. Определение сроков и тактики оперативного лечения больных с угловыми деформациями в области коленного сустава с сопутствующими укорочениями конечности // Специализированная ортопедическая помощь при патологии суставов конечностей: материалы III пленума правления Ассоциации ортопедов и травматологов России. СПб.; Уфа, 1998. С. 162–164.
25. Скляр Л. В., Гребенюк Л. А. Оперативное лечение пострахитических деформаций нижних конечностей у детей и подростков и структурно-функциональные особенности мышц бедра и голени // Гений ортопедии. 2001. № 2. С. 52–54.
26. Цорнев А. Э., Пивень А. И., Лесняк К. О. Возможности магнитно-резонансной томографии в диагностике заболеваний суставов // Клин. медицина. 2001. № 8. С. 13–17.
27. Чочиев Г. М. Ортопедическая реабилитация детей с последствиями гематогенного остеомиелита бедренной кости // Медико-социальная реабилитация детей с патологией опорно-двигательного аппарата и центральной нервной системы: тез. конф. Владимир, 1999. С. 121–122.
28. Шевцов В. И., Буравцов П. П., Нецветов П. В. Методы обследования пациентов с вывихом надколенника // Гений ортопедии. 2005. № 2. С. 69–71.
29. Anatomical analysis of the femoral condyle in normal and osteoarthritic knees / S. Matsuda [et al.] // J. OrthoP. Res. 2004. Vol. 22, No 1. P. 104–109.
30. Beck A., Kundel K., Rüter A. Significance of corrective growth of opposite physes in the surgical correction of deformity following epiphyseal injury around the knee joint // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 1997. Vol. 5, No 1. P. 38–41.
31. Bisson L. J., Gurske-DePerio J. Axial and sagittal knee geometry as a risk factor for noncontact anterior cruciate ligament tear : a case-control study // Arthroscopy. 2010. Vol. 26, No 7. P. 901–906.
32. Carpenter R. D., Majumdar S., Ma C. B. Magnetic resonance imaging of 3-dimensional in vivo tibiofemoral kinematics in anterior cruciate ligament-reconstructed knees // Arthroscopy. 2009. Vol. 25, No 7. P. 760–766.
33. Cheema J. I., Grissom L. E., Harcke H. T. Radiographic characteristics of lower-extremity bowing in children // Radiographics. 2003. Vol. 23, No 4. P. 871–880.
34. Correction of the leg axis after epiphyseal fracture and progressive abnormal growth of the proximal tibia / M. Waldegger [et al.] // Unfallchir. 2001. Bd. 104, H. 3. S. 261–265.
35. Davids J. R., Blackhurst D. W., Allen Jr. B. L. Clinical evaluation of bowed legs in children // J. Pediatr. OrthoP. 2000. Vol. 9-B, No 4. P. 278–284.
36. Freeman M. A., Pinskerova V. The movement of the knee studied by magnetic resonance imaging // Clin. OrthoP. Relat. Res. 2003. Vol. 410. P. 35–43.
37. The impact of the current epidemiology of pediatric musculoskeletal infection on evaluation and treatment guidelines / O. A. Gafur [et al.] // J. Pediatr. OrthoP. 2008. Vol. 28. P. 777–785.
38. Guven O., Keskin A. Remodelling following condylar fractures in children // J. Craniomaxillofac. Surg. 2001. Vol. 29, No 4. P. 232–237.
39. Hasler C. C., von Laer L. Pathophysiology of posttraumatic deformities of the lower limbs during growth // Orthopäde. 2000. Bd. 29, H. 9. S. 757–765.
40. Ilizarov G. A. Transosseous osteosynthesis. Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 1992. 800 p.
41. Magnetic resonance imaging findings and treatment outcome in late-onset tibia vara / K. Arai [et al.] // J. Pediatr. OrthoP. 2001. Vol. 21, No 6. P. 808–811.
42. Magnetic resonance imaging of the growth plate in late-onset tibia vara / M. Synder [et al.] // Intern. OrtoP. 2003. Vol. 27, No 4. P. 217–222.
43. Two decades of acute hematogenous osteomyelitis in children: are there any changes? / D. Malcius [et al.] // Pediatr. Surg. Int. 2005. Vol. 21. P. 356–359.
44. Monitoring and healing analysis of 100 tibial shaft fractures / L. Claes [et al.] // Langenbecks Arch. Surg. 2002. Bd. 387, H. 3-4. S. 146–152.
45. Nilsson R. Mechanics of the knee. A study of joint and muscle load with clinical applications // Acta OrthoP. Scand. Suppl. 1985. Vol. 216. P. 1–42.
46. Paley D., Pfeil J. Principles of deformity correction around the knee // Orthopäde. 2000. Bd. 29, H. 1. S. 18–38.
47. Posttraumatic tibia valgus in children. A long-term follow-up note / H. R. Tuten [et al.] // J. Bone Jt. Surg. 1999. Vol. 81-A, No 6. P. 799–810.

48. Pritchett J. W. Longitudinal growth and growth-plate activity in the lower extremity // Clin. OrthoP. Relat. Res. 1992. Vol. 275. P. 274–290.
49. Quantification of fracture healing with three-dimensional computed tomography / F. C. den Boer [et al.] // Arch. OrthoP. Trauma Surg. 1998. Vol. 117, No 6-7. P. 345–350.
50. Radiological outcome after external fixation of 97 femoral shaft fractures in children / H. Hedin [et al.] // Injury. 2003. Vol. 34, No 4. P. 287–292.
51. Saowaprut S., Tanpowpong T., Piyaskulkaew C. Correlation of graft position, knee laxity and clinical outcome: comparison with native anterior cruciate ligament using magnetic resonance imaging study // J. Med. Assoc. Thai. 2009. Vol. 92, No 4. P. 510–516.
52. Sarmiento A. On the behavior of closed tibial fractures : clinical / radiological correlations // J. OrthoP. Trauma. 2000. Vol. 14, No 3. P. 199–205.
53. A computerized analysis of femoral condyle radii in ACL intact and contralateral ACL reconstructed knees using 3D CT / R. Siebold // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2010. Vol. 18, No 1. P. 26–31.
54. Changes in ACL length at different knee flexion angles: an in vivo biomechanical study / Y. S. Yoo // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2010. Vol. 18, No 3. P. 292–297.
55. Zavatsky A. B. A kinematic- freedom analysis of a flexed-knee-stance testing rig / A. B. Zavatsky // J. Biomech. 1997. Vol. 30, No 3. P. 277–280.

Рукопись поступила 09.11.11.

Сведения об авторах:

1. Александров Юрий Михайлович — ФГБУ «РНИЦ “ВТО” им. акад. Г.А. Илизарова» Минздравсоцразвития РФ, отдел рентгеновских, ультразвуковых и радионуклидных методов диагностики, аспирант; e-mail: ylsf@yandex.ru.
2. Дьячкова Галина Викторовна — ФГБУ «РНИЦ “ВТО” им. акад. Г.А. Илизарова» Минздравсоцразвития РФ, отдел рентгеновских, ультразвуковых и радионуклидных методов диагностики, руководитель, д. м. н., профессор.