

УДК 616.728.3-007.56-071-053.2

РЕНТГЕНОАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУР КОЛЕННОГО СУСТАВА У ДЕТЕЙ В НОРМЕ И ПРИ ВАЛЬГУСНОЙ ДЕФОРМАЦИИ*А.В. Иванцов*

Кафедра анатомии человека

УО «Гродненский государственный медицинский университет»

В статье дается сравнение анатомо-рентгенологических характеристик строения костных структур коленного сустава у здоровых детей и у детей с вальгусной деформацией коленного сустава. Установлено, что вальгусная деформация коленного сустава у детей характеризуется увеличением размеров медиального мыщелка бедра с латерализацией надколенника. В 8–12-летнем возрасте наблюдается выравнивание аксиальных деформаций коленного сустава, что необходимо учитывать при ортопедической коррекции данной патологии.

Ключевые слова: коленный сустав, вальгусная деформация, рентгеноанатомия, дети.

The article gives a comparison of anatomic and radiographic characteristics of the bone structure of a knee joint of healthy children and children with valgus deformity of a knee joint. It is established that the valgus deformity of a knee joint in children is characterized by enlargement of the medial femoral condyle with patella lateralization. At the age of 8-12 one can observe alignment of the axial deformity of a knee joint, which must be considered in orthopedic correction of this pathology

Key words: knee joint, valgus deformity, x-ray anatomy, children.

На деформации коленного сустава приходится 22% от всего скелета и 35% на деформации нижних конечностей [6]. Одной из наиболее часто встречающихся является вальгусная деформация соединения.

Среди разнообразных диагностических методов, выявляющих указанную патологию коленного сустава, в том числе и вальгусную, а также позволяющих исследовать возрастную анатомию данного соединения, особое место занимает рентгенологическое исследование [8].

Вопросы влияния вальгусной деформации на напряжения в коленном суставе давно интересуют исследователей разных стран [14, 16]. Известно, что в процессе нормальной работы сустава нагрузка на суставной хрящ мыщелков сочленяющихся костей практически равномерна и может колебаться от нуля до значений, превышающих массу тела в 3–4 раза. В то же время, вальгусная деформация даже в 10° приводит к повышению на 50% величины возникающих напряжений в области латерального мыщелка при одновременном снижении нагрузки на внутренний мыщелок.

Распределение статической нагрузки на суставные поверхности коленного сустава зависит, главным образом, от положения механической оси нижней конечности, а также влияния усилия мышц и связок. В норме биомеханическая ось соединяет центр головки бедренной кости с центром голеностопного сустава и проходит через середину коленного сустава. При этом, давление массы тела распределяется равномерно на суставные поверхности обоих феморо-тибиальных отделов коленного сустава. В случае отклонения механической оси наружу или кнутри силовой вектор смещается и нагрузка на латеральные или медиальные мыщелки суставных концов обеих костей увеличивается (синдром гиперпрессии). Нагрузка на противоположные мыщелки, соответственно, уменьшается. В перегруженном отделе повышается уровень напряжения в костно-хрящевых и мягкотканых элементах сустава, возрастает контактное давление. Это приводит к дисбалансу между биологической устойчивостью тканей и механической нагрузкой, далее – к ускоренному асимметричному изнашиванию сустава и, как следствие, к развитию деформирующего артроза в молодом возрасте [3, 6].

По мнению ученых Харьковского НИИТО им. М.И. Ситенко [8, 9], вальгусная деформация коленного сустава, как следствие недоразвития одного из латеральных

мышцелков сочленяющихся костей, приводит к увеличению боковой гипертензии и латерализации надколенника, в сочетании с дисплазией и высоким стоянием последнего, дисплазией блока бедренной кости (угол открытия блока в норме равен 143°) и рядом мягкотканых аномалий. Всё вышесказанное играет важную роль в развитии синдрома нарушения равновесия надколенника.

Под синдромом нарушения равновесия надколенника (НРН) понимается совокупность клинических и рентгенологических симптомов (симптомокомплекс), отражающих разбалансировку биомеханической системы устойчивости надколенника и приданием ему дополнительной подвижности, обусловленной различными этиологическими факторами и патогенетическими ситуациями на всех этапах развития процесса.

Особую роль в возникновении нарушения равновесия надколенника занимают диспластические процессы, обусловленные аномалиями развития как в эмбриогенезе, так и в постнатальном периоде. По данным Б.И. Сименача [9], причинным фактором НРН может быть травма, и тогда речь пойдет о травматических НРН. Однако травма может быть фактором, лишь способствующим проявлению (манифестации) имеющихся диспластических изменений. В таких случаях она становится поводом НРН. Следовательно, единственными достоверными факторами, определяющими принадлежность НРН к группе вышеуказанной патологии, являются диспластические структурные аномалии феморо-пателлярного сочленения.

Существенное значение в возникновении и динамике развития синдрома НРН в любых этиологических и патогенетических условиях имеют биомеханические особенности феморо-пателлярного сочленения. Отсутствие элементов, типичных для большинства других суставов, а также специфическая форма суставных поверхностей делает его уязвимым к различным экстремальным воздействиям. Нормальная биомеханика, с удержанием сочленяющихся поверхностей в контакте, достигается за счет мягкотканых образований. Это сочленение выдерживает одни из самых высоких нагрузок среди других суставов человека. Особый интерес представляет описанное Ficat [15] «правило вальгуса», которое гласит, что в феморо-пателлярном сочленении преобладают силы, действующие на вальгус как в условиях нормы, так и при патологии, что обусловлено: анатомическим вальгусным

углом между сочленяющимися бедренной и большеберцовой костями; физиологическим вальгусом, образованным за счет вальгусного расположения головок четырехглавой мышцы; вальгусной гипертракцией латеральных связок, поддерживающих надколенник; вальгусным углом связки надколенника. Это анатомический вальгус феморо-тибиального угла, обусловленного вальгусом связки надколенника и гипертензией латеральных образований, поддерживающих надколенник.

Как показывают расчеты, величина смещающего усилия, действующего на надколенник, очень значительна, а при больших углах сгибания коленного сустава и большой деформации может приближаться к силе натяжения четырехглавой мышцы. Такие значительные нагрузки приводят к смещению надколенника кнаружи, что, в сочетании с диспластическими изменениями в феморо-пателлярном сочленении, приводит к избыточной нагрузке на суставные поверхности (дополнительная гиперпрессия латерального мыщелка и создание крутящего момента, который стремится развернуть бедренную кость наружу) и впоследствии может инициировать разрушение сустава [4].

Клинический полиморфизм изучаемой патологии, особенно на ранних стадиях развития данного наследственно-предрасположенного заболевания, затрудняет ее диагностику, своевременную профилактику и адекватную коррекцию [12].

Для осуществления поставленной задачи необходимы комплексные исследования сравнительного характера, которые внесут ясность в суть настоящей проблемы.

Целью исследования является сравнение анатомо-рентгенологических характеристик строения костных структур коленного сустава у здоровых детей и у детей с вальгусной деформацией коленного сустава.

Материал и методы

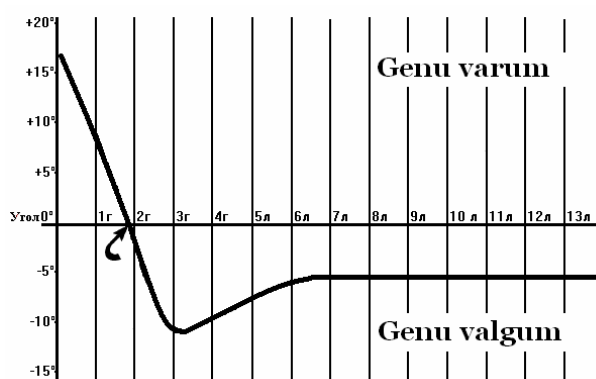
Материалом послужили рентгенограммы коленных суставов архива рентгеноотделения УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи г. Гродно». По нозологическому принципу исследуемый материал разделен на две условных группы. Группу без видимой патологии коленного сустава составили 114 рентгенограмм. В группу с вальгусной деформацией коленного сустава вошли 94 рентгенограммы.

В основу деления изучаемого материала по возрастному цензу (табл. 1) положены результаты динамики физиологического положения нижних конечностей у детей первых лет жизни.

Таблица 1 – Распределение рентгенограмм детей по их возрасту

Возраст, лет	Форма деформации	
	Сравниваемая группа	Исследуемая группа
3-7	23	14
8-12	35	30
13-17	56	50
Всего	114	94

Выбор возрастных интервалов обусловлен данными о формировании анатомической оси нижней конечности (рис. 1) по феморо-тибиальному углу (образован осями диафизов бедренной и большеберцовой костей), расстоянию между внутренними лодыжками голени при вальгусных и между внутренними мыщелками бедер при варусных установках в положении сведения нижних конечностей [1], а также с учетом периодов увеличения и усложнения локомоторных нагрузок, являющихся основным фактором развития органов опорно-двигательного аппарата в постнатальном онтогенезе [5].



Диапазон колебания анатомической оси нижних конечностей

+34 ± 0	+21 ± 13	+20 ± 20	+13 ± 19	+4 ± 17	± 0 ± 11	± 0 ± 11	± 0 ± 10	± 0 ± 14	± 0 ± 13	± 0 ± 12	± 0 ± 10	± 0 ± 12	± 0 ± 11
---------	----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Рисунок 1 – Диаграмма динамики развития анатомической оси нижних конечностей у детей первых лет жизни

На рентгенограммах измеряли высоту и ширину мыщелков бедренной и большеберцовой кости, угол инклинации мыщелков бедренной кости, длину и ширину надколенника, высоту стояния надколенника, расположение надколенника относительно центральной оси сустава.

Результаты исследования и их обсуждение

В младшей возрастной группе (3-7 лет) нами определены особенности в формировании мыщелков бедренной и большеберцовой костей (табл. 2) и надколенника (табл. 4).

Таблица 2 – Размеры мыщелков бедра у детей 3-7 лет

Кость	Мыщелок	Размер	Здоровые	Вальгус	p
			n=23 (M±m)	n=14 (M±m)	
Бедренная	медиальный	высота, мм	17,54±5,16	22,66±3,92	p<0.05
		ширина, мм	25,57±5,59	30,66±5,16	p<0.05
	латеральный	высота, мм	14,4±3,34	18,8±2,54	p<0.001
		ширина, мм	21,66±5,00	26,8±4,31	p<0.05
Большеберцовая	медиальный	высота, мм	10,61±3,08	9,73±1,62	p>0.05
		ширина, мм	17,86±5,82	19,2±3,68	p>0.05
	латеральный	высота, мм	11,47±3,68	11,2±1,69	p>0.05
		ширина, мм	19,6±6,69	20,4±4,77	p>0.05

Полученные данные показывают, что у детей с вальгусной деформацией коленного сустава размеры медиального и латерального мыщелков бедра были достоверно большими, чем у детей без деформации коленного сустава.

В то же время размеры медиального мыщелка при вальгусной деформации значительно больше аналогичных размеров медиального мыщелка у детей без деформации коленного сустава.

Различия в размерах мыщелков большеберцовой кости незначительны и статистически недостоверны (p>0.05).

Подтверждением вышеизложенных фактов служит достоверное (p<0.001) увеличение значения угла инклинации мыщелков бедра при вальгусной деформации коленного сустава (табл. 3).

Таблица 3 – Угол инклинации мыщелков бедра у детей 3-7 лет

Показатель	Здоровые n=23 (M±m)	Вальгус n=14 (M±m)	p
Угол инклинации мыщелков бедра, °	95,36±2,67	102±2,39	p<0.001

Полученные данные показывают, что в феморо-тибиальном сочленении в данном возрасте изменению подвергается преимущественно более лабиальный дистальный эпифиз бедра, в то время как тибимальный плато, выполняющее функцию опоры, остается достаточно стабильным и не претерпевает видимых изменений, связанных с увеличением нагрузки на его медиальные отделы.

В биомеханике коленного сустава важную роль играет надколенник, участвующий в образовании феморо-пателлярного сочленения. Статистически достоверных различий в размерах и высоте стояния надколенника в сравниваемых группах не было выявлено (табл. 4), что, возможно, следует связать с незавершенностью процесса формирования надколенника в исследуемой группе (3-7 лет). Однако недоразвитие латерального мыщелка бедра привело к увеличению гипертензии в латеральных отделах феморо-берцового сочленения и, как следствие, статистически достоверной ($p < 0.05$) латерализации надколенника, что согласуется с данными Б.И. Сименача [9].

Таблица 4 – Данные о размерах и расположении надколенника у детей 3-7 лет

Показатель	Здоровые n=23 (M±m)	Вальгус n=14 (M±m)	p
Высота стояния	18,85±9,59	22,42±6,36	p>0.05
Длина	21,14±8,51	21,58±6,68	p>0.05
Ширина	5,13±7,89	7,64±7,07	p>0.05
Расположение	1,14±2,73	-3,72±4,64	p<0.05

В возрастной группе 8-12 лет мы также, как и в группе 3-7 лет, наблюдали у детей с вальгусной деформацией коленного сустава статистически достоверное преобладание размеров медиального мыщелка бедра и высоты латерального мыщелка бедра над аналогичными размерами у детей без деформации коленного сустава (табл. 5).

Таблица 5 – Размеры мыщелков у детей 8-12 лет

Кость	Мыщелок	Размер	Здоровые n=35 (M±m)	Вальгус n=30 (M±m)	p
Бедренная	медиальный	высота, мм	26,91±4,11	30,46±3,86	p<0.001
		ширина, мм	32,68±3,9	36,46±4,25	p<0.05
	латеральный	высота, мм	23,5±3,71	26,4±4,19	p<0.05
		ширина, мм	34,71±4,71	34,73±4,57	p>0.05
Большеберцовая	медиальный	высота, мм	10,45±1,4	11,1±2,27	p>0.05
		ширина, мм	27,7±3,9	28,26±2,97	p>0.05
	латеральный	высота, мм	11,14±1,64	11,9±2,26	p>0.05
		ширина, мм	28,58±4,08	30,36±3,46	p>0.05

Необходимо отметить, что 7-летний возраст является пограничным при формировании возрастной нормы развития и в отношении других структур коленного сустава. Известно, в частности, что к достижению указанного возраста аксиальные девиации голени, как правило, выравниваются [2, 10], а анатомические элементы синовиальной среды коленного сустава приобретают окончательное структурное оформление [7].

Результатом однонаправленности процессов аксиальной трансформации конгруэнтного развития феморо-тибиального комплекса стало выравнивание показателей ширины латерального мыщелка бедра у детей с вальгусной деформацией коленного сустава и у детей без деформации коленного сустава ($p > 0.05$), что способствовало уменьшению гипертензии в латеральных отделах и дальнейшему адекватному развитию биомеханики коленного сустава. Симметрия мыщелков привела к смещению надколенника к центру трохлеарного устья, что отразилось на отсутствии статистически достоверной разницы показателей латерализации надколенника в сравниваемых группах (табл. 6).

Таблица 6 – Данные о размерах и расположении надколенника у детей 8-12 лет

Показатель	Здоровые n=35 (M±m)	Вальгус n=30 (M±m)	p
Высота стояния	35,85±7,19	37,4±5,78	p>0.05
Длина	35±6,83	35,75±5,9	p>0.05
Ширина	13,71±8,4	12,86±9,65	p>0.05
Расположение	-2,56±7,04	-3,92±6,63	p>0.05

Неизменным остается достоверное ($p < 0.001$) преобладание значения угла инклинации мыщелков бедра при вальгусной деформации коленного сустава (табл. 7).

Таблица 7 – Угол инклинации мыщелков бедра у детей 8-12 лет

Показатель	Здоровые n=35 (M±m)	Вальгус n=30 (M±m)	p
Угол инклинации мыщелков бедра, °	93,35±6,87	101,56±2,54	p<0.001

Увеличение гормональной активности приводит к интенсификации процессов роста в возрастной группе 13-17 лет, обеспечивающее увеличение костной массы в период пубертатного скачка роста [13]. Анализ результатов показывает, что в данной возрастной группе наблюдается дальнейшее закономерное увеличение размеров мыщелков бедренной кости по мере увеличения возраста детей (табл. 8).

Таблица 8 – Размеры мыщелков у детей 13-17 лет

Кость	Мыщелок	Размер	Здоровые n=56 (M±m)	Вальгус n=50 (M±m)	p
Бедренная	медиальный	высота, мм	35,32±4,34	38,62±4,48	p<0.05
		ширина, мм	38,41±4,95	42,12±5,48	p<0.05
	латеральный	высота, мм	33,1±4,19	31,3±4,12	p<0.05
		ширина, мм	40,4±4,67	39,22±4,48	p>0.05
Большеберцовая	медиальный	высота, мм	13,27±3,3	12,5±2,35	p>0.05
		ширина, мм	32,91±3,58	32,92±3,36	p>0.05
	латеральный	высота, мм	13,96±3,85	11,66±2,38	p<0.001
		ширина, мм	34,19±3,52	35,24±3,84	p>0.05

В данной возрастной группе мы так же, как и в группе 8-12 лет, наблюдали у детей с вальгусной деформацией коленного сустава статистически достоверное преобладание размеров медиального мыщелка бедра. Однако высокие темпы роста определяют высокий риск формирования специфической для подросткового возраста патологии костной ткани. Так, компенсированная латеральная гипертензия в возрасте 8-12 лет на фоне интенсификации процессов роста вновь проявляется с еще большей силой, приводя к статистически достоверному снижению высоты латеральных мыщелков бедренной и большеберцовой костей, что в последующем может привести к деформации сустава и возникновению развернутой клинико-рентгенологической картины гонартроза [11].

Неизменным остается статистически достоверное преобладание значения угла инклинации мыщелков бедра при вальгусной деформации коленного сустава над коленными суставами без деформаций (табл. 9).

Таблица 9 – Угол инклинации мыщелков бедра у детей 13-17 лет

Показатель	Здоровые n=56 (M±m)	Вальгус n=50 (M±m)	p
Угол инклинации мыщелков бедра, °	95,08±4,76	101,95±2,45	p<0.001

Возрастающая гипертензия в латеральных отделах феморо-тибиального сочленения приводит, наряду со снижением показателя высоты латерального мыщелка большеберцовой кости, к вновь возникающей латерализации надколенника (табл. 10).

Таблица 10 – Данные о размерах и расположении надколенника у детей 13-17 лет

Показатель	Здоровые n=56 (M±m)	Вальгус n=50 (M±m)	p
Высота стояния	13,8±9,87	15,04±11,57	p > 0.05
Длина	45,69±5,96	46,44±4,89	p > 0.05
Ширина	45,14±7,2	44,89±6,58	p > 0.05
Расположение	-4,08±6,94	-8,17±7,19	p < 0.001

Выводы

1. Вальгусная деформация коленного сустава у детей характеризуется увеличением с возрастом размеров медиального мышелка бедра по сравнению с латеральным, что, в свою очередь, приводит к возрастанию действующего на надколенник смещающего усилия, с последующей его латерализацией.

2. В 8-12-летнем возрасте наблюдается выравнивание аксиальных деформаций коленного сустава, поэтому необходимо использовать все возможности для профилактики нарушений формирования костных элементов коленного сустава и предотвращения развития юношеских гонартрозов.

3. Клинико-рентгеноанатомическая диагностика и рентгеноморфометрическая характеристика коленного сустава в целом позволяет выявить и описать диспластические проявления в плане их последующей хирургической коррекции и устранения возможных биомеханических нарушений.

Литература

1. Бабин, Е.А. Болезнь Эрлахера-Блаунта (клиника, диагностика, лечение) : автореф. дис. канд. мед. наук / Е.А. Бабин. – Москва, 2008. – 29с.
2. Гафаров, Х.З. Торсионное развитие коленного сустава в норме и при некоторых заболеваниях / Х.З. Гафаров // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1984. – №7. – С.31-36.
3. Денисов, А.С. Математическое моделирование нагруженности коленного сустава и прогнозирование результатов оперативного лечения / А.С. Денисов, Н.М. Белокрылов, В.М. Тверье // Гений ортопедии. – 2000. – №3. – С. 39-41.
4. Карпинский, М.Ю. Определение влияния вальгусной деформации на напряжения в коленном суставе / М.Ю.Карпинский, И.А.Суббота, Б.А.Пустовойт, Тарек Зияд Абдельазиз Рашед // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2008. – №2. – С. 31-34.
5. Климец, Е.И. Сонометрическая толщина менисков коленного сустава в оценке их конгруэнтного приспособления в пери-

од становления локомоторной функции у детей и подростков / Е.И. Климец // Медицинская визуализация. – 2005. – №5. – С. 134-138.

6. Меркулов, В.Н. Биомеханические критерии определения показаний к оперативному лечению посттравматических деформаций коленного сустава у детей / В.Н. Меркулов, Н.С. Гаврюшенко, К.Н. Супрунов, А.И. Дорохин // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2006. – №1. – С. 43-47.

7. Павлова, В.Н. Синовialная среда суставов / В.Н. Павлова // М.: Медицина. – 1980. – С. 29-91.

8. Пустовойт, Б.А. Рентгенодиагностика дисплазии феморопателлярного сочленения коленного сустава / Б.А.Пустовойт, Е.П.Бабуркина, Тарик Зияд Абдул-Азиз Рашид // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2007. – №2. – С. 36-41.

9. Сименач, Б.И. Синдром нарушения равновесия надколенника диспластического генеза (Концептуальная модель) / Б.И. Сименач, Ф.Л. Бондаренко, Н.П. Суркин, С.А. Нестеренко, М.Б. Зеленецкий, С.Р. Михайлов // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1985. – №10. – С. 18-23.

10. Судаков, С.А. Вальгусная девиация голени у больных гемофилией / С.А. Судаков, М.А. Тимофеева // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1987. – №4. – С. 51-53.

11. Тенилин, Н.А. Ортопедо-хирургическая реабилитация детей с редкими врожденными аномалиями нижних конечностей: автореф. дис. докт. мед. наук / Н.А.Тенилин. – Нижний Новгород, 2009. – 46 с.

12. Шевцов, В.И. Рентгенометрическая диагностика дисплазии коленного сустава / В.И.Шевцов, В.Д.Макушин, О.К.Чергунов, Л.Л.Саблукова // Гений ортопедии. – 2009. – №2. – С. 127-130.

13. Щеплягина, Л.А. Морфофункциональные особенности подросткового возраста / Л.А. Щеплягина, А.Г. Ильин, И.В. Звездина, Ю.А. Ямпольская, О.М. Филькина, Н.Е. Миронов // Российский педиатрический журнал. – 1999. – №2. – С. 31-36.

14. Agneskirchner, JD. The effects of valgus medial opening wedge high tibial osteotomy on articular cartilage pressure of the knee: a biomechanical study / JD Agneskirchner, C Hurschler, CD Wrann, P Lobenhoffer // Arthroscopy. – 2007. – Vol.23, №8 – P. 852-861.

15. Ficat, P. Zaburzenia rewnowagi poslizgowej rzepki / P. Ficat // Chir. Narzad. Ruchu Orthop. – Polska, 1977. – №66. – P. 209.

16. Stoffel, K. Patellofemoral contact pressure following high tibial osteotomy: a cadaveric study / K Stoffel, C Willers, O Korshid, M Kuster // Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. – 2007. – Vol.15, №9 – P. 1094-1100.

Поступила 12.02.10