

*Л.И. Степура, Е.А. Стаценко, А.В. Иванцов*

## **Особенности визуализации области коленного сустава с помощью метода ультразвукового исследования у детей младшего и дошкольного возраста**

*ГУ «Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии»,*

*ГУ «НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь»,  
УО «Гродненский государственный медицинский университет»*

Освещены вопросы изменения ультразвуковой картины коленного сустава в процессе роста и окостенения его структур. Особенности визуализации области коленного сустава с помощью метода ультразвукового исследования в разных возрастных группах составлены с учетом сведений возрастной рентгеноанатомии: сроки появления точек окостенения и формирования эпифизов. Хрящевое строение отдельных компонентов скелета в раннем возрасте расширяет диагностические возможности сонографии в сравнении с рентгенологическим исследованием и позволяет визуализировать надколенник, эпифизы бедренной и большеберцовой костей до появления и окончательного слияния их ядер окостенения.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование, коленный сустав, возраст  
Постоянное совершенствование технологии ультразвуковых исследований все больше расширяет возможности применения данного метода визуализации в клинической практике. Внедрение мультислотных широкополостных датчиков с высоким разрешением позволило дополнить диагностику повреждений и заболеваний опорно-двигательного аппарата ультразвуковым методом исследования, главными преимуществами которого являются возможности визуализации мягких тканей, не закрытых элементами скелета, и динамического исследования в режиме реального времени [1, 5-6].

Среди всей патологии костно-мышечной системы высокую частоту занимают повреждения и заболевания коленного сустава. Коленный сустав является самым крупным суставом человеческого тела. Несмотря на то, что колено выглядит как простой качательный сустав, он обладает сложной системой связок, которые механически и неврологически управляют функцией сустава, с помощью чего происходит объединение нерезко выраженных отдельных видов подвижности во взаимосвязанные комбинации. Сложность строения обуславливает актуальность применения разных как неинвазивных (клинический осмотр, рентгенография, КТ, МРТ, УЗИ), так и инвазивных (артроскопия) методов исследования с целью наиболее полной диагностики всего спектра патологии указанной области. В разогнутом положении коленный сустав пассивно стабилизируется за счет капсулы, крестообразных и боковых связок, смещения оси бедра кпереди по отношению к оси голени. Однако при сгибании голени появляется возможность ротационных движений в коленном суставе, что создает предпосылки возможного повреждения мягких тканей, некоторые из них могут визуализироваться с помощью УЗИ [3].

Для правильной оценки рентгенологического изображения необходимо учитывать возраст обследуемого, так как значительная часть скелета у детей и подростков представлена хрящевой закладкой, в участках которой в разном возрасте появляются точки окостенения. Хрящевое строение надколенника, эпифизов бедренной и большеберцовой костей ограничивает применение рентгенологического метода исследования скелета в раннем возрасте, однако расширяет возможности метода ультразвуковой визуализации. Поэтому при изучении результатов ультразвукового исследования тоже необходимо принимать во внимание указанные возрастные особенности.

**Цель и задачи исследования.** Целью настоящего исследования являлось улучшение качества диагностики состояния коленного сустава с помощью метода ультразвукового исследования. Для достижения поставленной цели были последовательно решены следующие задачи: на основании проведенного анализа данных возрастной рентгенанатомии (сроков окостенения надколенника и эпифизов) осуществлен выбор основных возрастных групп для изучения особенностей ультразвуковой визуализации области коленного сустава, определены возможности метода ультразвукового исследования структур сустава в каждой из выбранных групп и сформулированы основные отличительные особенности каждой.

#### Материал и методы

Материалом исследования являлись результаты ультразвукового сканирования области коленных суставов у 20 детей раннего (из них 10 – грудного) и 20 детей дошкольного возраста обоих полов, находившихся на обследовании и лечении в детском ортопедическом отделении РНПЦ Травматологии и ортопедии. В анамнезе обследуемых детей не было травм и заболеваний коленных суставов, отсутствовали жалобы на ощущение дискомфорта в них. Для исследования использовалось четыре доступа: передний, задний, медиальный и латеральный с выполнением продольных, поперечных и косых срезов в зависимости от ориентации анатомических структур. Ультрасонометрическую толщину (высоту менисков) определяли в двух местах: в области передних и задних рогов. Толщину передних рогов наружного и внутреннего менисков определяли в процессе продольного сканирования линейным датчиком в положении пациента лёжа на спине при полусогнутом колене латерально и медиально от собственной связки надколенника на уровне суставной щели. Задние рога обоих менисков исследовали в положении пациента лёжа на животе при разогнутой в коленном суставе голени в области медиального и латерального отделов подколенной ямки на уровне суставной щели.

Длина надколенника оценивалась нами в передней продольной проекции по максимальному расстоянию от основания до вершины, толщина надколенника – по максимальному расстоянию от его передней до задней поверхности. Толщина хряща дистального эпифиза бедра определялась в передней поперечной проекции как максимальное расстояние от суставной поверхности мыщелка до ядра окостенения эпифиза. Толщина собственной связки надколенника измеряли в передней продольной проекции при согнутом положении коленного сустава в средней ее части. Аналогично измеряли толщину сухожилия четырехглавой мышцы бедра.

Исследования осуществлялись на аппарате для ультразвукового исследования Philips EnVisor C HD 2003 года выпуска, функциональные возможности которого включают панорамную визуализацию, возможность визуализации в энергетическом доплеровском режиме, наличие восьми фокусных зон для некоторых датчиков вместо четырех, инверсия импульсов в режиме гармонической визуализации тканей. Изучение особенностей ультразвукового изображения локтевого сустава осуществляли с помощью линейного широкополосного датчика L 12-3 с диапазоном рабочих частот 7 – 10 МГц, предназначенного для васкулярных исследований и малых объектов. Для статистической обработки полученных результатов исследований использовались общепринятые методы математической статистики с применением программного обеспечения SlySoft Statistica 6.0.

#### Анализ и обсуждение

Из источников по возрастной рентгеноанатомии установлено, что центр окостенения в нижнем эпифизе бедренной кости (ядро Бекляра) появляется еще на этапе внутриутробного развития примерно в середине эпифиза, в последующем из него формируется весь эпифиз (оба мыщелка). Вскоре после рождения появляется центр окостенения в эпифизе большеберцовой кости (иногда 2 центра, которые быстро сливаются друг с другом). Тем не менее, между концами диафизов бедренной и большеберцовой костей, которые к рождению уже полностью окостеневают, располагается широкое свободное пространство, соответствующее всем хрящевым и мягкотканым компонентам сустава (рис. 1). По мере роста ребенка форма поверхностей эпифизов и промежутков между ними начинает приобретать форму суставных поверхностей и суставной щели: формируется межмыщелковое возвышение большеберцовой кости, образуется вдавление межмыщелковой ямки и выпуклости мыщелков бедра. В 3 – 4 года выявляется центр окостенения головки малоберцовой кости [2].

Костная структура надколенника у взрослых существенно ограничивает возможности ультразвукового метода визуализации области коленного сустава. У детей надколенник формируется из множественных центров окостенения: первый появляется в 3-5 лет, на протяжении последующих 5-10 лет появляются добавочные центры и происходит их слияние. Бугристость большеберцовой кости, являющаяся апофизом, в верхней части развивается энхондрально, в 7-9 лет в нем появляется центр окостенения; нижняя часть развивается за счет диафиза (эндесмально) и в ней окостенение начинается в 13-15 лет. [2].

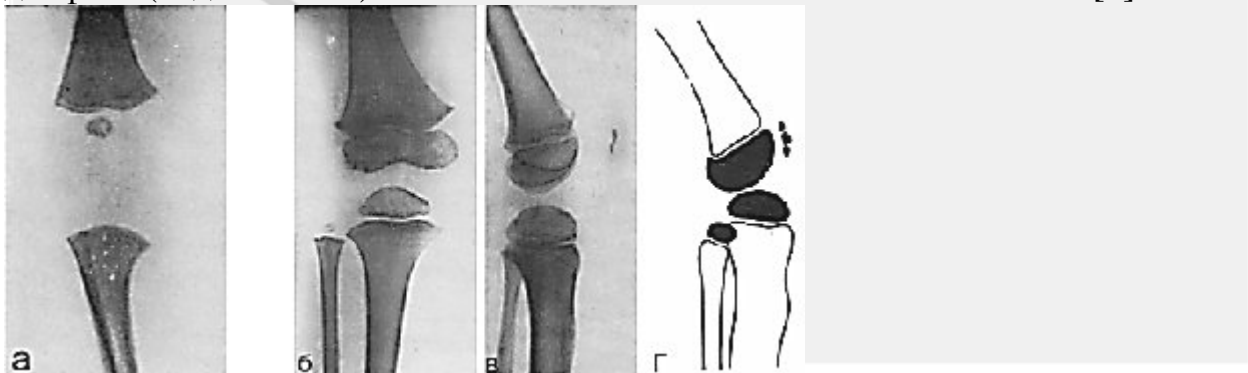


Рис. 1. Особенности рентгенологического изображения коленного сустава в разных возраст-ных группах: а – новорожденный, б-г – возраст 3-5 лет (из Лагунова, И. Г. Рентгеноанато-мия скелета).

На основании анализа перечисленных фактов выделены следующие возрастные группы для изучения особенностей ультразвуковой визуализации области коленного сустава у детей раннего и дошкольного возраста: с момента новорожденности до 3 лет, когда надколенник имеет хрящевое строение и проницаем для ультразвука, вторая группа – с 4 до 6 лет. Ниже показаны результаты УЗИ представителей указанных возрастных групп и сформулированы их основные отличительные особенности.

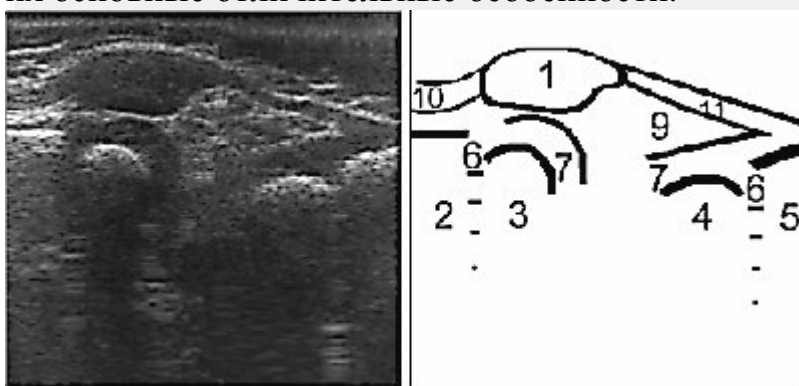


Рис. 2. Сонограмма коленного сустава в передней проекции ребенка в возрасте 1 года. Здесь и да-лее: 1 – надколенник, 2 – диафиз бедренной кости, 3 – эпифиз бедренной кости, 4 – эпифиз больше-берцовой кости, 5 – диафиз большеберцовой кости, 6 – метафизарный ростковый хрящ, 7 – гиалино-вый эпифизарный хрящ, 8 – мениск, 9 – жировое тело Гоффа, 10 – сухожилие квадрицепса, 11 – соб-ственная связка надколенника, 12 – боковая связка, 13 – капсула сустава

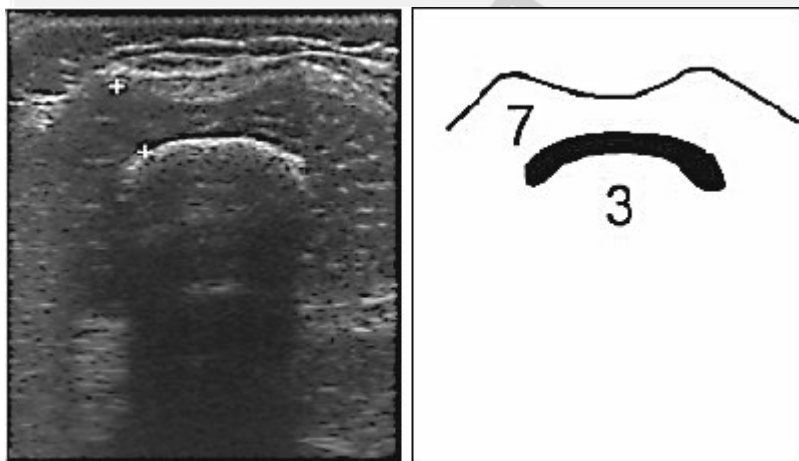


Рис. 3. Тот же случай, верхняя поперечная проекция (визуализация пателлофemorальной сус-тавной поверхности)

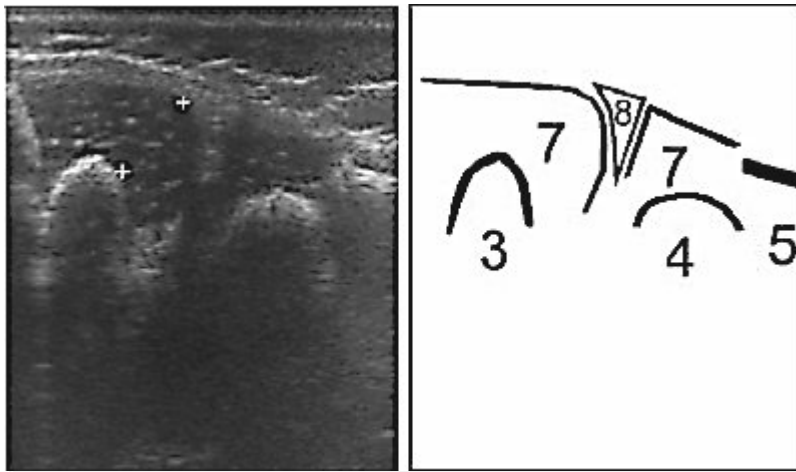


Рис. 4. Тот же случай, внутренняя боковая проекция (визуализация внутреннего мениска)

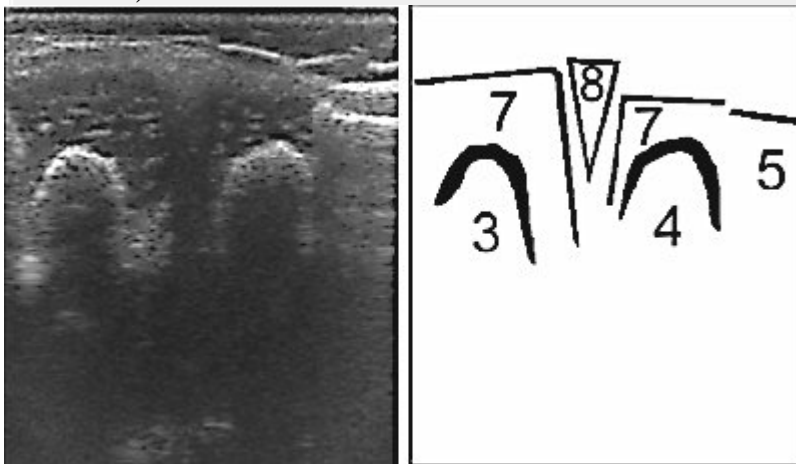


Рис. 5. Тот же случай, наружная боковая проекция (визуализация наружного мениска)

Как было установлено в ходе исследований, эхографическая картина надколенника у детей (структура, эхогенность, размеры) сильно изменяется с возрастом. У новорожденных и в раннем детстве эхогенность надколенника низкая, эхоструктура однородная, так как он полностью состоит из хрящевой ткани. Толщина суставного хряща дистального эпифиза бедренной кости, по нашим данным, у новорожденных варьирует в зависимости от степени зрелости и доношенности ребенка. Так, у недоношенных детей в дистальном эпифизе бедренной кости в большинстве случаев отсутствует ядро окостенения, и эпифиз полностью состоит из хрящевой ткани. У доношенных детей имеется ядро, размеры которого составляют от 4 до 8 мм в диаметре. Толщина хряща мышечков бедренной кости у новорожденных может достигать 6 мм для латерального мышечка и до 5 мм – для медиального.

Вне зависимости от возраста и доступа исследования мениски визуализируются как структуры треугольной формы с повышенной эхогенностью, вершина которых обращена в полость сустава. Измерялась длина основания гиперэхогенного треугольника, которая была равна толщине соответствующего рога мениска. В результате измерений получены незначительные различия в толщине передних и задних рогов (до 1 мм в пользу размера передних рогов). Кроме измерения толщины рогов, мы определяли некоторые качественные характеристики, имеющие отношение к структуре мениска. Прежде всего,

визуализировали четкость формы треугольной тени мениска (правильная или неправильная), чтобы дифференцировать варианты нормы в строении мениска от его аномалий развития. Во всех обследуемых случаях форма тени менисков была правильная. Структура мениска определялась как гиперэхогенная с четкими контурами, что позволяло исключать травматическую патологию и заболевания менисков. В исследуемых нами суставах признаки кальцинации менисков и жидкость в паракапсулярной зоне отсутствовали.

Собственная связка надколенника всегда хорошо определялась под кожей между верхушкой надколенника и бугристостью большеберцовой кости в виде лентовидного образования с четкими контурами средней эхогенности. Толщина связки зависела от возраста ребенка, его физического развития и колебалась от 3 до 5 мм. Своей задней поверхностью связка лежит на передней поверхности капсулы коленного сустава и инфрапателлярной жировой подушке.

Коллатеральные связки представлены соединительно-тканными волокнами, и определялись как гипо-, средне-или гиперэхогенные линейные или лентообразные структуры, в зависимости от связки, возраста ребенка и угла падения ультразвукового луча (рис. 9).

Первое основное ядро окостенения в надколеннике появляется только к окончанию периода раннего детства, что делает возможным исследование анатомических образований, расположенных за надколенником в полости сустава. Однако крестообразные связки при исследовании не визуализировались во всех случаях, что вероятно обусловлено их топографией (косой ход волокон по отношению к поверхности кожи и сканирующей поверхности датчика) и гипоехогенной структурой, которая нечетко дифференцируется от окружающих тканей.

Поперечные размеры центров окостенения эпифизов трубчатых костей в раннем детстве меньше диаметра диафизов, в связи с этим поверхности центров окостенения эпифизов и коркового слоя диафизов визуализируются на разной глубине (рисунки 2, 4 – 5).

На рисунках 6 – 13 представлены сонограммы коленного сустава ребенка в возрасте 5 лет.

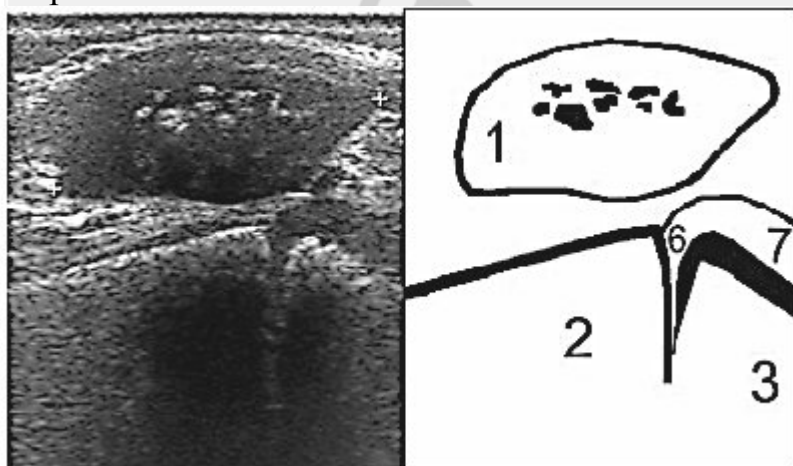


Рис. 6. Сонограмма коленного сустава в передней проекции ребенка в возрасте 5 лет, передняя продольная проекция

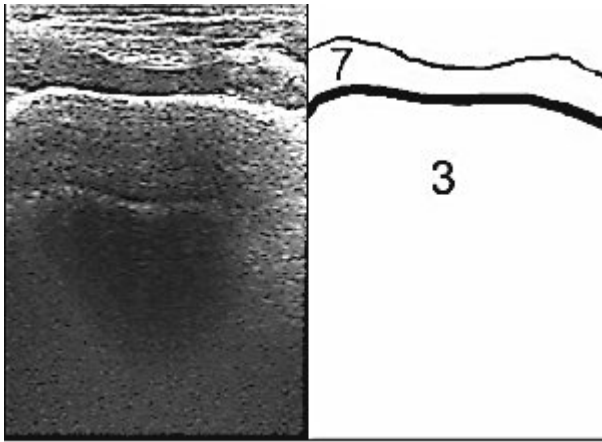


Рис. 7. Тот же случай, верхняя поперечная проекция

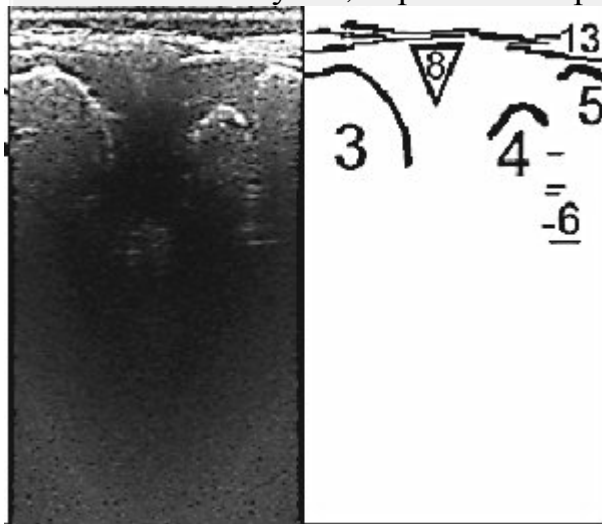


Рис. 8. Тот же случай, внутренняя боковая проекция (визуализация внутреннего мениска)

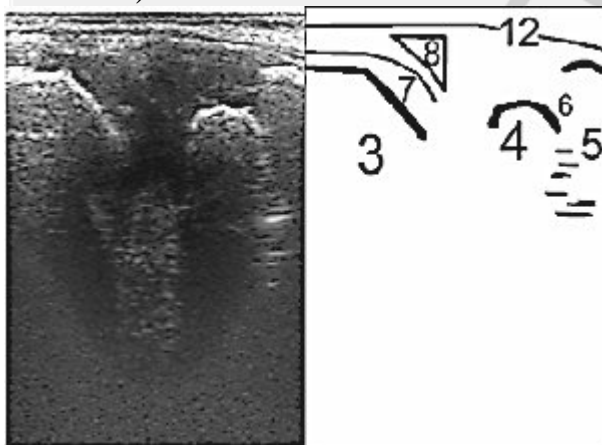


Рис. 9. Тот же случай, внутренняя боковая проекция (визуализация внутренней боковой связ-ки)

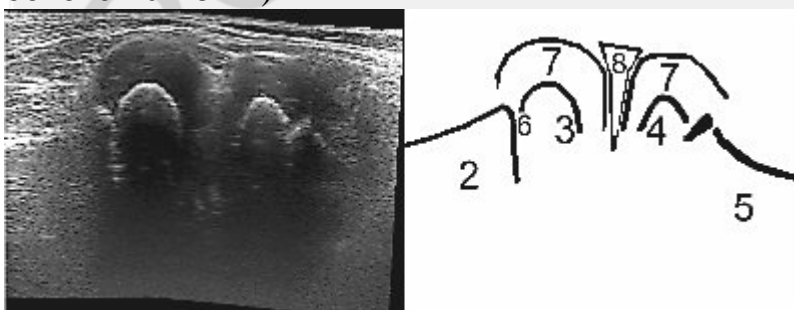


Рис. 10. Тот же случай, панорамная реконструкция внутренней боковой области

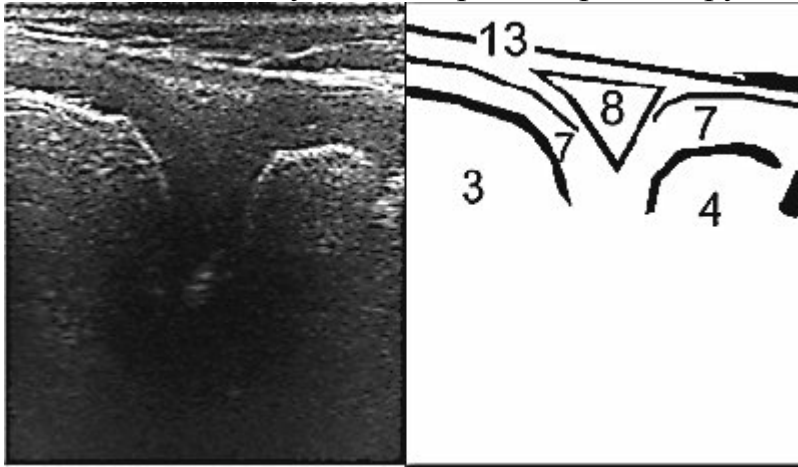


Рис. 11. Тот же случай, наружная боковая проекция

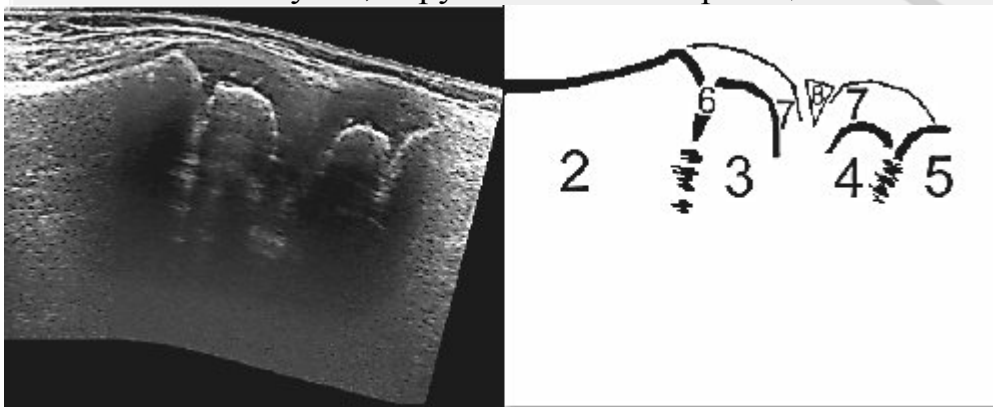


Рис. 12. Тот же случай, панорамная реконструкция наружной боковой области

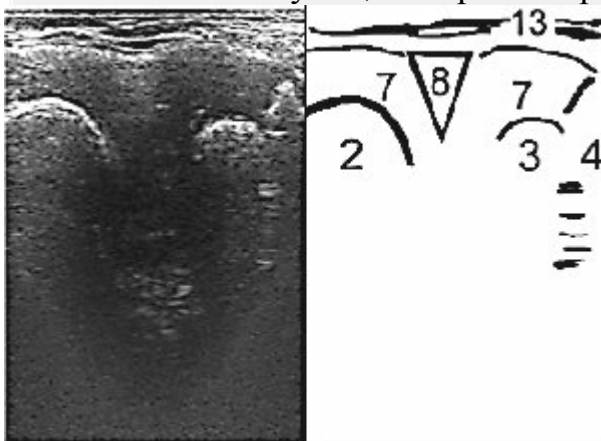


Рис. 13. Тот же случай, задненаружная боковая проекция (визуализация заднего рога меди-ального мениска)

При сравнении результатов ультразвукового исследования коленных суставов в дошкольном возрасте в сравнении с ранним детством, отмечается постепенное уменьшение толщины суставного гиалинового хряща, покрывающего эпифизы трубчатых костей. К 5 годам поперечник эпифизов почти равен поперечнику диафизов, в связи с чем они визуализировались на одной глубине относительно поверхности кожи, будучи отделенными от диафизов тонкой прослойкой метафизарного хряща.

К 3 годам в надколеннике появляется ядро окостенения, в виде небольшого участка средней эхогенности, которое с возрастом увеличивается в размерах, становится гиперэхогенным, дает акустическую тень и постепенно замещает всю хрящевую модель надколенника костной тканью. У детей 6 лет и старше



надколенник на эхограмме определялся как выпуклая кпереди гиперэхогенная структура, дающая выраженную акустическую тень, которая не позволяет видеть центральные отделы коленного сустава.

Примененное нами панорамное сканирование обеспечивало визуализацию мышцы на всем ее протяжении, в том числе ее переход в сухожилие и место прикрепления к кости. Сухожилия и связки имели вид гомогенных, гиперэхогенных структур. Костные структуры поглощали ультразвуковые волны и выглядели в виде гиперэхогенной, акустически плотной структуры. Мениск визуализировался как гиперэхогенная структура треугольной формы.

Таблица 1. Размеры основных анатомических элементов коленного сустава.

Параметр, единица измерения	Возраст до 3 лет (n=20), $M_1 \pm m_1$	Возраст 4-6 лет (n=20), $M_2 \pm m_2$
Длина надколенника, мм	17,1±2,7	30,3±0,7
Толщина надколенника, мм	6,4±0,2	-
Диаметр ядра Бекляра, мм	4,0±0,8	-
Толщина собственной связки надколенника, мм	3,18±	2,4±0,1
Толщина сухожилия 4-главой мышцы бедра, мм	4,6±0,8	4,4±0,3
Толщина хряща дистального эпифиза бедра, измеренная: – в области медиального мыщелка, мм	3,5±0,2	4,2±0,3
– в области латерального мыщелка, мм	5,0±0,6	5,5±0,4
– в межмыщелковой борозде, мм	4,4±0,5	4,2±0,1

В таблице 1 представлены результаты статистической обработки численных данных, полученных в ходе исследования.

Полученные данные позволяют дополнить картину становления исследуемых структурных элементов коленного сустава на различных стадиях онтогенеза и могут быть использованы врачами ультразвуковой диагностики для квалифицированной интерпретации результатов, получаемых в ходе исследования.

#### Заключение

1. Ультрасонография может быть использована для прижизненного изучения нормальной анатомии структур коленного сустава (например, его менисков), особенно в возрастном аспекте, так как отвечает всем требованиям доступного, безопасного и высокоинформативного метода инструментальной визуализации.
2. Хрящевое строение отдельных компонентов скелета в раннем и дошкольном возрасте расширяет диагностические возможности сонографии в сравнении с рентгенологическим исследованием и позволяет визуализировать надколенник, эпифизы бедренной и большеберцовой костей до появления и окончательного слияния их ядер окостенения. Особенную диагностическую ценность УЗИ представляет при патологии мягкотканых компонентов коленного сустава, кистах Беккера, повреждениях связочного аппарата, гипертрофическом синовите у детей.
3. Первое основное ядро окостенения в надколеннике появляется только к окончанию периода раннего детства, однако крестообразные связки при исследовании не визуализировались во всех случаях, что вероятно обусловлено их топографией и гипоэхогенной структурой. У детей 6 лет и старше надколенник на эхограмме определяется как выпуклая кпереди гиперэхогенная структура, дающая выраженную акустическую тень, которая не позволяет видеть центральные отделы коленного сустава.

## Литература

1. МакНелли, Юдж. Ультразвуковые исследования костно-мышечной системы: практическое руководство / Юдж. МакНелли; пер. с англ. А.Н. Хитровой; под ред. Г. И. Назаренко, И. Б. Героевой. М.: Издательский дом Видар-М, 2007. 400 с.
2. Лагунова, И. Г. Рентгеноанатомия скелета: руководство для врачей / И. Г. Лагунова. М.: Медицина, 1981. 368 с.
3. Консервативное лечение травм у спортсменов / под. ред. Томаса Е. Хайда, Мэрианн С. Генгенбах; пер. с англ. Б. В. Гусева. М.: Медицина, 2005. 776 с.
4. Рентгенологическое и ультразвуковое исследование при заболеваниях суставов: пособие для врачей / А. Н. Семизоров, С. В. Романов. 2-е изд. М.: Издательский дом Видар-М, 2006. 152 с.
5. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Общая ультразвуковая диагностика / под ред. Митькова В. В. М.: Издательский дом Видар-М, 2006. 720 с.
6. Ермак, Е. М. Ультразвуковая морфология менисков коленного сустава // Казанский медицинский журнал. 2005. Т. 86. № 3. С. 213 – 218.