

ВОЗМОЖНОСТИ СОНОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИНТАКТНОГО КОЛЕННОГО СУСТАВА

© Гайворонский И.В.^{1,2}, Хоминец В.В.³, Семенов А.А.⁴

¹ Кафедра морфологии Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург;

² кафедра нормальной анатомии, ³ кафедра военной травматологии и ортопедии,

⁴ отдел организации научной работы и подготовки научно-педагогических кадров

Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

E-mail: semfeodosia82@mail.ru

В работе представлены результаты сонографических исследований вспомогательных элементов (надколенник, связка надколенника, мениски, крестообразные связки) 600 коленных суставов взрослых людей в возрасте от 21 до 80 лет. Установлено, что методом сонографии возможно визуализировать данные вспомогательные элементы, определить их морфометрические характеристики и возрастные изменения. Показано, что возрастные особенности строения крестообразных связок коленного сустава обусловлены изменением их минерального состава и прочности соединительнотканых волокон. Полученные данные свидетельствуют о широком диапазоне вариантной анатомии исследованных структур. Синовиальные сумки и крыловидные складки в интактном коленном суставе не лоцируются. Результаты проведенного исследования могут быть использованы в качестве контрольных при диагностике заболеваний и травматических повреждений коленного сустава.

Ключевые слова: сонография, коленный сустав, вспомогательные элементы, надколенник, мениски, крестообразные связки.

POSSIBILITIES OF SONOGRAPHIC INVESTIGATIONS OF AUXILIARY ELEMENTS OF THE INTACT KNEE JOINT

Gaivoronsky I.V.^{1,2}, Khominets V.V.³, Semenov A.A.⁴

¹ Department of Morphology of St. Petersburg State University, St. Petersburg; ² Department of General Anatomy,

³ Department of Military Traumatology and Orthopedics, ⁴ Department of Organization of Scientific Work and Training of Scientific and Pedagogical Staff of Military Medical Academy named after S.M. Kirov, St. Petersburg

The paper presents the results of sonographic studies of auxiliary elements (patella, patellar ligament, meniscus, cruciate ligaments) of 600 knee joints of adults from 21 to 80 years. It was established that it is possible to visualize these auxiliary elements by sonography, to determine their morphometric characteristics and age-related changes. It is shown that the age features of the cruciate ligaments structure of the knee joint are due to the change in their mineral composition and the strength of the connective tissue fibers. The obtained data indicate a wide range of variant anatomy of the investigated structures. Synovial pouches and pterygoid folds in the intact knee joint are not liable. The results of the study can be used as a control in the diagnosis of diseases and traumatic injuries of the knee joint.

Keywords: sonography, knee joint, accessory elements, patella, menisci, cruciate ligaments.

По различным данным, частота повреждения коленного сустава составляет до 20% от всех травм нижних конечностей [1]. При этом в 94% случаев выявляются изменения мягкотканых структур, лишь в 6% определяется костная патология [7].

Коленный сустав имеет самое большое количество вспомогательных элементов, которыми являются надколенник, передняя и задняя крестообразная связки, медиальный и латеральный мениски, крыловидная складка и многочисленные синовиальные сумки [2].

Ряд авторов повреждение вспомогательных элементов коленного сустава связывают с их дегенеративными изменениями, в то время как другие авторы причиной повреждений считают механические травмы [3, 4]. Последние чаще всего встречаются у людей трудоспособного возраста,

тогда как дегенеративно-воспалительные изменения связочного аппарата и хряща являются преобладающей патологией людей пожилого возраста [6].

Следует отметить, что последнее десятилетие отмечено бурным развитием исследований костно-суставной системы с помощью ультразвука [5, 8]. В связи с этим актуальной является оценка возможности сонографии вспомогательных элементов коленного сустава.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Комплексное ультразвуковое исследование 600 коленных суставов у 300 человек в возрасте от 21 до 80 лет было проведено на базе кабинета ультразвуковой диагностики кафедры военной травматологии и ортопедии Военно-медицинской

академии им. С.М. Кирова. Исследование проводилось на обеих конечностях с помощью ультразвуковых сканеров «Sonoline G-60» фирмы Siemens (Германия), Aloka 5500 ProSound (Япония), Hitachi EUB 7500B и Mindray DC-8 (с применением цветного доплеровского и энергетического картирования). В процессе работы использовался линейный датчик с частотой 10 МГц, а в ряде случаев и конвексный датчик с частотой 3,5 МГц, в режимах Ortho, Carotid и Abdomen с функцией «ZOOM», позволяющей детально изучить составные элементы коленного сустава. Распределение обследованных по полу и возрасту представлено в таблице 1.

Для первичной оценки состояния коленных суставов использовался ряд клинических приемов, включающих в себя анамнез жизни и заболевания, пальпацию, определение объема движений в суставе, а также ряд специальных тестов. Варус-и вальгус-тесты применялись для оценки состояния наружной и внутренней боковых связок, а также капсулы сустава, симптом Байкова – для менисков, симптом переднего выдвижного ящика – для передней крестообразной связки, симптом заднего выдвижного ящика – для задней крестообразной связки. Сонография проводилась только тем лицам, у которых по результатам клинического осмотра не было выявлено патологических изменений в коленных суставах.

Основным условием проведения ультразвукового сканирования являлась строгая параллельность и перпендикулярность датчика по отношению к исследуемым объектам. Сканирование производилось в двух взаимно перпендикулярных плоскостях: продольной и поперечной. При этом изучение вспомогательных аппаратов коленного сустава осуществлялось из четырех доступов: переднего, заднего, латерального и медиального.

При исследовании каждого элемента сустава изучали его размеры, контуры, структуру и эхогенность. Результаты оценивали по степени отражения ультразвука. Эхографическая характери-

стика этих компонентов напрямую зависела от ультразвуковой плотности исследуемых объектов. Гиперэхогенные структуры обладали высокой ультразвуковой плотностью и, следовательно, значительной способностью отражать ультразвук, гипоехогенные – низкой плотностью и соответственно слабым отражением, изоэхогенные занимали промежуточное положение, а анэхогенные не отражали ультразвуковой луч вообще.

Все полученные данные подвергались статистической обработке методами вариационной и непараметрической статистики. Степень точности исследования определена вероятностью безошибочного прогноза меньшим или равным 0,95%; уровнем значимости $p < 0,05$; для признаков с нормальным распределением использован критерий Стьюдента t -2, для признаков с распределением, отличным от нормального – непараметрический U -критерий Уилкоксона (Манна-Уитни) с тем же уровнем значимости. Все расчеты выполнены на IBM PC в системе электронных таблиц Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе ультразвуковое сканирование проводили в положении пациента лежа на спине с согнутым коленным суставом под углом 90° . Данное положение позволяло визуализировать надколенник, а также связку надколенника на всем ее протяжении. При сонографическом исследовании надколенник визуализировался в виде гиперэхогенной структуры овальной формы, расположенной в переднем отделе сустава, дающей за собой четкую ультразвуковую тень. При этом четко определялся верхний полюс, медиальный отдел, а также нижний полюс надколенника. В 76% надколенник имел четкие и ровные контуры. Сонографическое исследование надколенника включало в себя измерение продольного и поперечного размеров.

Таблица 1

Распределение по полу и возрасту лиц, обследованных методом сонографии

Возрастные периоды	Мужчины	Женщины	Общее количество
Первый период зрелого возраста 22-35 лет (мужчины), 21-35 лет (женщины)	42	43	85
Второй период зрелого возраста 36-60 лет (мужчины), 36-55 лет (женщины)	41	44	85
Пожилой возраст 61-74 года (мужчины), 56-74 года (женщины)	42	48	90
Старческий возраст 75-90 лет	23	17	40
Итого	148	152	300

При продольном сканировании связки надколенника производили измерение ее длины по наружному и внутреннему краям от нижнего полюса надколенника до бугристости большеберцовой кости. А при повороте датчика на 90° – ширины и толщины на уровне ее верхней, средней и нижней трети. Для характеристики расположения надколенника по отношению к другим структурам, участвующим в образовании коленного сустава, рассчитывали индекс высоты «стояния» надколенника – соотношение поперечных размеров надколенника и связки надколенника по внутренней поверхности.

В 24% наблюдений выявлены разнообразные деформации контуров надколенника. Наличие дефектов контура в проекции верхнего полюса и медиального отдела, а также ступенькообразная деформация нижнего полюса надколенника соответствовали различной степени его хондромалиции, которая протекала бессимптомно и свидетельствовала о возрастных изменениях. Размеры остеофитов медиального отдела не превышали 3 мм, а глубина деформации 1,5 мм. Первые признаки хондромалиции, по нашим данным, выявляются уже в первом периоде зрелого возраста (6,9% от общего количества выявленных хондромалиций), постепенно процент распространенности увеличивается и ко второму периоду зрелого возраста достигает своего максимума (51,7% от общего количества выявленных хондромалиций ($p < 0,05$)).

В 2 случаях (1,5% от общего количества деформаций) был выявлен двудольчатый надколенник – врожденная аномалия окостенения, при которой он состоит из двух фрагментов. Дольчатый надколенник часто путают с его переломом. При обзорной рентгенографии не удается достоверно установить, являются ли полученные изменения признаками перелома или аномалией развития. В связи с этим возникает необходимость проведения ультразвукового исследования. При этом надколенник визуализируется в виде двух фрагментов с четкими, ровными, закругленными контурами.

Далее исследованию подвергали медиальный и латеральный отделы коленного сустава.

При оценке передних рогов и тела медиального и латерального менисков пациент находился также в положении лежа на спине, а угол сгибания в коленном суставе был равен 30°.

Исследование менисков включало в себя измерение их ширины, наибольшей толщины, а также степени пролабирования из суставной щели в проекции переднего и заднего рогов. Ширина тела мениска определялась как максимальное расстояние между его внутренней и наружной частями, а наибольшая толщина – между верхней

и нижней поверхностями. Степень пролабирования приравнивалась к перпендикуляру, опущенному из наиболее выступающей части наружной поверхности мыщелков бедренной кости к линии, соединяющей края суставной щели.

При ультразвуковом исследовании медиальный и латеральный мениски имели сходный план строения. При продольной ориентации датчика мениски визуализировались в виде гиперэхогенных треугольных структур, обращенных вершиной (внутренним краем) в полость сустава, а основанием (наружным краем) наружу. Передние рога обоих менисков в большинстве случаев приближались к форме прямоугольного треугольника, прямой угол которого был образован участком нижней поверхности мениска и его наружным краем. Значение гипотенузы переднего рога латерального мениска во всех случаях превосходило по длине значение гипотенузы переднего рога медиального мениска. Задние рога в большинстве случаев имели форму равнобедренного треугольника, основание которого соответствовало наружному краю, а стороны – участкам верхней и нижней поверхности. В некоторых случаях передние рога латерального (12,4%) и медиального (5,6%) менисков имели неправильную форму за счет куполообразного выпячивания их наружного края. У каждого из менисков четко определялась верхняя поверхность, прилежащая к мыщелку бедренной кости. При этом от костной ткани каждый мениск был отделен гипоэхогенной полоской, соответствующей суставному хрящу. Установлено, что эхогенность средней части мениска более высокая, чем наружной, а тело имеет более низкую эхогенность, чем другие его отделы.

Сравнительная оценка морфометрических параметров менисков в различные возрастные периоды показала, что с возрастом происходит увеличение ширины и уменьшение наибольшей толщины менисков, причем наиболее резкие изменения приходятся на конец второго периода зрелого возраста и на пожилой возраст и в большей степени затрагивают медиальный мениск. Следует отметить, что у лиц первого периода зрелого возраста мениски имели вид образований повышенной эхогенности, с четкими ровными контурами и однородной внутренней структурой. Во втором периоде зрелого возраста впервые обнаруживались изменения ткани мениска, выраженность которых прогрессивно увеличивалась с возрастом. Так, происходило снижение эхогенности ткани менисков, структура ее становилась не однородной, с наличием мелких гиперэхогенных включений круглой или овальной формы, а контуры их неровными. Кроме того, увеличивалась степень пролабирования менисков из суставной

щели (у большинства лиц пожилого и старческого возраста превышала 1 мм).

В результате изучения морфометрических характеристик менисков с помощью сонографии нами были выделены основные их формы в зависимости от соотношения длины переднего и заднего рогов. Формы медиального мениска: 1 – с более длинным задним рогом (данная форма встречалась наиболее часто – в 68% наблюдений); 2 – форма с одинаковой длиной переднего и заднего рогов (в 29% наблюдений); 3 – с более длинным передним рогом (в 3% наблюдений). Показатели наибольшей толщины заднего рога в большинстве случаев превышали показатели наибольшей толщины переднего рога (91%). В 9% (у 18 пациентов) толщина переднего рога мениска была равна толщине его заднего рога.

При изучении форм латерального мениска нами также было выделено три формы в зависимости от длины его рогов: 1 – с более длинным задним рогом (69% наблюдений); 2 – с равной длиной рогов (23% наблюдений); 3 – с более длинным передним рогом (8% наблюдений). В зависимости от толщины переднего и заднего рогов выявлено три варианта строения латеральных менисков. В 79% наблюдений толщина заднего рога латерального мениска превалировала над толщиной переднего рога. В 2% толщина переднего рога была больше толщины заднего рога, а в 19% случаев эти показатели были равны.

Таким образом, мениски коленного сустава характеризуются большим разнообразием форм. В большинстве случаев размеры задних рогов менисков превышают размеры передних рогов. Возрастные изменения в строении менисков проявляются увеличением длины их рогов и уменьшением толщины, а также снижением эхогенности ткани менисков, неоднородностью внутренней структуры, увеличением степени пролабирования из суставной щели. Причем наиболее резкие изменения приходятся на конец второго периода зрелого, на пожилой и старческий возраст. В большей степени изменения выражены в медиальном мениске.

При выпрямленной нижней конечности производили изучение медиальной и латеральной коллатеральных связок, а также суставной щели.

Визуализировать крыловидную складку не представилось возможным по причине выраженной акустической тени от надколенника. Локация синовиальных сумок была крайне затруднена ввиду их анэхогенности и акустической тени гиперэхогенных структур (мышелки бедренной и большеберцовой костей, надколенник, сухожилия мышц).

Для изучения задних отделов сустава датчик устанавливали в подколенной области в месте

максимальной пульсации подколенной артерии. В этой позиции четко визуализировались артерия, вена и большеберцовый нерв. Далее датчик смещали в медиальную и латеральную стороны для визуализации задних рогов медиального и латерального менисков соответственно.

При повороте датчика на 90° от продольной оси конечности в проекции бедренной кости визуализировались задняя и передняя крестообразные связки.

У лиц пожилого и старческого возраста (67 человек), нами было выявлено два варианта изменений. При первом варианте у пожилых людей (42 пациента, 62,7% наблюдений) крестообразные связки имели более высокую эхогенность, чем у лиц зрелого возраста, при относительно ровных контурах и однородной структуре. При этом было выявлено уменьшение толщины передней крестообразной связки до $5,6 \pm 0,2$ мм и задней крестообразной до $5,9 \pm 0,4$ мм. При втором варианте (у 25 пациентов, 37,3% наблюдений) были выявлены ультразвуковые признаки деформирующего артроза, проявлявшиеся сужением суставной щели, истончением гиалинового хряща и наличием умеренно выраженных остеофитов. В данной группе лиц наблюдалось незначительное понижение эхогенности связок и размытость контуров, а в их структуре выявлялись мелкие гиперэхогенные включения. Отмечалось увеличение толщины передней крестообразной связки до $9,4 \pm 0,5$ мм, задней крестообразной связки до $10,2 \pm 0,5$ мм соответственно.

По-видимому, выявленные возрастные особенности строения крестообразных связок коленного сустава обусловлены изменением их минерального состава и прочности соединительнотканых волокон, а следовательно, и изменением их плотности при эхолокации. Эти вопросы могут быть предметом дальнейших исследований.

Таким образом, сонография коленного сустава позволяет определять морфометрические параметры и возрастные изменения таких вспомогательных элементов, как надколенник, связки надколенника, мениски и крестообразные связки. Полученные данные свидетельствуют о широком диапазоне вариантной анатомии всех исследованных структур. Синовиальные сумки и крыловидные складки в интактном коленном суставе не лоцируются. Результаты проведенного исследования могут быть использованы в качестве контрольных при диагностике заболеваний и травматических повреждений коленного сустава.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков М.В., Самойлович Э.Ф., Серафин Ю.Я. Врожденная и приобретенная изменчивость ме-

- нисков коленного сустава у детей // Хирургия. – 1994. – № 8. – С. 38-45.
2. *Гайворонский И.В.* Анатомия человека, 9-е изд.: учебник. – СПб. : Спецлит, 2016. – Т. 1. – С. 568.
 3. *Гайворонский И.В., Хоминец В.В., Удочкина Л.А., Семенов А.А., Гринберг Е.Б.* Корреляции морфометрических параметров мышечков бедренной и большеберцовой костей // Морфология. – 2015. – № 6 (148). – С. 79–83.
 4. *Горбатенко С.А.* Ультразвуковая диагностика повреждения и заболевания мягких тканей опорно-двигательного аппарата: методические рекомендации. – М., 1991. – С. 25.
 5. *Майка О.Ю., Багирова Г.Г., Попова Л.В.* Диагностические возможности ультразвукового сканирования коленных суставов при остеоартрозе // Терапевтический архив. – 2005. – № 4. – С. 44-50.
 6. *Рейнберг С.А.* Рентгенодиагностика заболеваний костей и суставов. – М., 1964. – Т. 1. – 530 с.
 7. *Сименач Б.И., Нестеренко С.А., Пустовойт Б.А.* Программа профилактики диспластического артроза (общие предпосылки) // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1989. – № 2. – С. 1-6.
 8. *Bucklein W., Vollert K., Wohlgemuth A., Bohndorf K.* Ultrasonography of acute musculolockeletal disease // Eur Radiol. – 2000. – Vol. 10, № 2. – P. 290-296. – doi: 10.1007/s003300050046