

А.А. Семенов<sup>1</sup>, И.В. Гайворонский<sup>1,2</sup>,  
В.В. Хоминец<sup>1</sup>, А.А. Семенова<sup>1</sup>

## Сонографические морфометрические характеристики некоторых вспомогательных элементов коленного сустава взрослого человека в различные возрастные периоды

<sup>1</sup>Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

**Резюме.** Проведено комплексное ультразвуковое исследование 300 коленных суставов без явных функциональных нарушений у 150 человек в разные возрастные периоды (от 21 до 75 лет). Визуализированы следующие вспомогательные элементы: надколенник, связка надколенника, мениски и крестообразные связки. При сонографии каждого элемента сустава изучали его размеры, контуры, структуру и экзогенность. При исследовании надколенника и связки надколенника установлено, что в 76% надколенник имел четкие и ровные контуры, в 24% наблюдений выявлены хондромалиции, свидетельствующие о возрастных изменениях. Сравнительная оценка морфометрических параметров менисков 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. При изучении форм латерального и медиального менисков выделено три их формы в зависимости от длины рогов. При сонографии крестообразных связок у лиц пожилого и старческого возраста по сравнению с лицами зрелого возраста выявлено два варианта изменений. В 62,7% наблюдений отмечалась более высокая экзогенность связок, при относительно ровных контурах и однородной структуре, при этом уменьшалась их толщина. В 37,3% наблюдений выявлено увеличение толщины, понижение экзогенности крестообразных связок и наличие в их структуре мелких гиперэхогенных включений, что свидетельствует о наличии признаков деформирующего артроза.

**Ключевые слова:** коленный сустав, вспомогательные аппараты сустава, морфометрия, надколенник, мениски, крестообразные связки, сонография, возрастные периоды.

**Введение.** Известно, что только коленный сустав имеет самое большое количество вспомогательных элементов, которыми являются надколенник, передняя и задняя крестообразные связки, медиальный и латеральный мениски, крыловидная складка и многочисленные синовиальные сумки [3]. Данные элементы в самом крупном суставе человеческого тела выполняют самостоятельно и в комплексе различные функции. Надколенник является блоком для сухожилия четырехглавой мышцы бедра, при сокращении которой легко и дозированно происходит разгибание в коленном суставе. Мениски обеспечивают конгруэнтность суставных поверхностей, а крестообразные связки – их удерживание относительно друг друга. Крыловидные складки совместно с менисками и внутрисуставными связками уменьшают полость сустава, тем самым способствуют «сцеплению» суставных поверхностей. Синовиальные сумки, содержащие синовиальную жидкость, обеспечивают скольжение суставных поверхностей и трофику синовиального хряща и вспомогательных элементов.

По различным данным частота повреждения коленного сустава составляет до 20% от всех травм

нижних конечностей [1, 2, 6]. При этом в 94% случаев выявляются изменения мягкотканых структур, лишь в 6% определяется костная патология [3, 8, 9]. Ряд авторов повреждение вспомогательных элементов коленного сустава связывает с их дегенеративными изменениями, в то время как другие авторы причиной повреждений считают механические травмы [4, 5, 12]. Последние чаще всего встречаются у людей трудоспособного возраста, а дегенеративно-воспалительные изменения связочного аппарата и хряща являются прерогативой людей пожилого возраста [7, 10]. Следовательно, заболевания и травматические повреждения вспомогательных элементов коленного сустава выходят на первый план. Диагностика патологических изменений данных элементов нередко вызывает трудности.

Ультразвуковой метод исследования ввиду наличия большого числа преимуществ (высокой информативности, низкой стоимости, безвредности для пациента) является методом выбора и предоставляет прекрасные возможности для изучения вспомогательных элементов коленного сустава [4, 11, 13].

**Цель исследования.** Используя сонографию, изучить вариантную анатомию вспомогательных элементов коленного сустава взрослого человека в различные возрастные периоды.

**Материалы и методы.** Комплексное ультразвуковое исследование 300 коленных суставов у 150 человек в возрасте от 21 до 75 лет проведено на базе Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова и Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. Исследование выполнялось на обеих конечностях с помощью ультразвуковых сканеров «Sonoline G-60» фирмы «Siemens» (Германия), «А10-ка 5500 ProSound» (Япония), «Hitachi EUB 7500B» (Япония) 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-пробы применялись для оценки состояния наружной и внутренней боковых связок, а также капсулы сустава, симптом Байкова – для менисков, симптом переднего выдвигающего ящика для передней крестообразной связки, симптом заднего выдвигающего ящика – для задней крестообразной связки. Сонография проводилась только тем лицам, у которых по результатам клинического осмотра не было выявлено повреждений указанных структур коленного сустава.

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

**Результаты 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.

При продольном сканировании связки надколенника производили измерение ее длины по внутреннему краю от нижнего полюса надколенника до бугристости большеберцовой кости (продольный размер). А при повороте датчика на 90° – поперечного ее размера на уровне средней трети (табл. 2).

Из таблицы 2 видно, что существует большой диапазон различий между максимальными и минимальными значениями, что свидетельствует о выраженной вариантной анатомии надколенника и связки надколенника.

В 24% наблюдений выявлены разнообразные деформации контуров надколенника. Наличие дефектов контура в проекции верхнего полюса и медиального

Таблица 1

**Распределение по полу и возрасту лиц, обследованных с помощью сонографии**

Возрастные периоды	Мужчины	Женщины	Количество
Первый период зрелого возраста 22–35 лет (мужчины) 21–35 лет (женщины)	21	22	43
Второй период зрелого возраста 36–60 лет (мужчины) 36–55 лет (женщины)	20	22	42
Пожилой возраст 61–74 года (мужчины) 56–74 года (женщины)	22	24	46
Старческий возраст 75–90 лет	11	8	19

Таблица 2

**Морфометрическая характеристика надколенника и связки надколенника у взрослого человека, мм\***

Показатель	Min	Max	M±x
Продольный размер надколенника	38,1	58,3	46,7±0,1
Поперечный размер надколенника	35,0	55,2	45,2±0,2
Продольный размер связки надколенника	55,3	66,2	60,7±0,2
Поперечный размер связки надколенника	26,4	33,5	29,9±0,1

**Примечание:** \* – в таблице приведены данные общей выборки, так как указанные анатомические образования с возрастом практически не изменяются.

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 выявляются уже в первом периоде зрелого возраста (6,9% от общего количества выявленных хондромалиций), постепенно процент распространенности увеличивается и к концу второго периода 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.

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 длины рогов, наибольшей толщины рогов, а также степени пролабирования из суставной щели в проекции переднего и заднего рогов. Длина рога мениска определялась как максимальное расстояние между его внутренней и наружной частями, а наибольшая толщина – между верхней и нижней поверхностями. Степень пролабирования приравнивалась к длине перпендикуляра, опущенного из наиболее выступаю-

щей части наружной поверхности мышечков бедренной кости к линии, соединяющей края суставной щели.

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

Визуализировать крыловидную складку не представлялось 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.

Выявлено, что 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. У каждого из них четко определялась верхняя поверхность, прилежащая к мышелку бедренной кости. При этом от костной ткани каждый мениск был отделен гипозоногенной полоской, соответствующей суставному хрящу. Установлено, что относительно ширины мениска эхогенность средней части более высокая, чем наружной, а медиальная часть имеет более низкую эхогенность.

Сравнительная оценка морфометрических параметров менисков в различные возрастные периоды представлена в таблице 3. Показано, что с возрастом происходит увеличение ширины и уменьшение наибольшей толщины менисков, причем наиболее

Таблица 3

**Морфометрические параметры менисков в различные возрастные периоды у взрослого человека, мм**

Показатель	I период зрелого возраста	II период зрелого возраста	Пожилой возраст	Старческий возраст
Длина переднего рога медиального мениска	12,5±0,3	12,7±0,4	14,5±0,6*	14,6±0,3*
Наибольшая толщина переднего рога медиального мениска	15,2±0,4	14,9±0,4	12,8±0,5*	12,5±0,6*
Длина заднего рога медиального мениска	16,4±0,7	16,2±0,5	17,9±0,6*	17,8±0,4*
Наибольшая толщина заднего рога медиального мениска	22,4±0,4	22,2±0,6	19,5±0,4*	19,8±0,5*
Длина переднего рога латерального мениска	12,1±0,5	12,3±0,4	13,7±0,7*	13,6±0,5*
Наибольшая толщина переднего рога латерального мениска	14,9±0,5	14,6±0,4	13,1±0,5*	12,8±0,4*
Длина заднего рога латерального мениска	16,2±0,4	16,5±0,5	17,4±0,5*	17,7±0,3*
Наибольшая толщина заднего рога латерального мениска	20,7±0,6	20,4±0,8	18,3±0,8*	18,1±0,6*

**Примечание:** \* – различия относительно показателей I периода зрелого возраста,  $p < 0,05$ .

Таблица 4

**Морфометрическая характеристика крестообразных связок в различные возрастные периоды у взрослого человека, мм**

Показатель	I период зрелого возраста	II период зрелого возраста	Пожилой возраст	Старческий возраст
Толщина передней крестообразной связки	8,2±0,3	8,4±0,3	7,4±0,5	7,2±0,6
Толщина задней крестообразной связки	8,6±0,4	8,9±0,3	8,1±0,4	7,8±0,5

резкие изменения приходится на конец второго периода зрелого возраста и на пожилой возраст и в большей степени затрагивают медиальный мениск. 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 неоднородной, 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 она превышала 1–2 мм).

Установлено, что основными формами медиального мениска в зависимости от соотношения длины переднего и заднего рогов являются: 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 91% случаев превышали показатели наибольшей толщины переднего рога. В 9% наблюдений толщина переднего рога была равна толщине го заднего рога.

При изучении форм латерального мениска 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 разнообразны по форме. 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 приходится на конец второго периода зрелого, на пожилой и старческий возраст. В большей степени изменения выражены в медиальном мениске.

Для визуализации задней и передней крестообразных связок необходимо было повернуть датчик на 90° от продольной оси конечности в проекции бедренной кости.

Морфометрическая характеристика крестообразных связок в различные возрастные периоды представлена в таблице 4.

У лиц пожилого и старческого возраста выявлено два варианта изменений крестообразных связок. При первом варианте у пожилых людей в 62,7% наблюдений крестообразные связки имели более высокую эхогенность, чем у лиц зрелого возраста, при относительно ровных контурах и однородной структуре. При этом имело место уменьшение толщины передней крестообразной связки до 5,6±0,2 мм и задней крестообразной до 5,9±0,4 мм. При втором варианте в 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±0,5 мм, задней крестообразной связки до 10,2±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.

**Заключение.** Сонография коленного сустава позволяет визуализировать следующие структуры: надколенник, связки надколенника, мениски и крестообразные связки. Полученные данные свидетельствуют о широком диапазоне вариантной анатомии всех исследованных вспомогательных аппаратов. Синовиальные сумки и крыловидные складки в интактном коленном суставе не лоцируются. Полученные данные могут быть использованы в качестве контрольных при диагностике заболеваний и травматических повреждений коленного сустава.

**Литература**

1. Вагапова, В.Ш. Капсульно-связочный аппарат как маркер морфофункциональной зрелости сустава / В.Ш. Вагапова, А.Е. Стрижков // *Фундаментальные и прикладные аспекты*

- современной морфологии: мат. юбилейной научн. конф., посвященной 100-летию кафедры нормальной анатомии СПб ГМУ им. академика И.И. Павлова. – СПб., 1997 – С. 54–56.
2. Волков, М.В. Врожденная и приобретенная изменчивость менисков коленного сустава у детей / М.В. Волков, Э.Ф. Самойлович, Ю.Я. Серафин // Хирургия. – 1994. – № 8. – С. 38–45.
  3. Гайворонский, И.В. Анатомия человека: учебник / И.В. Гайворонский. – 9-е изд. – СПб.: Спецлит, 2016. – Т. 1. – 568 с.
  4. Гайворонский, И.В. Корреляции морфометрических параметров мышечков бедренной и большеберцовой костей / И.В. Гайворонский [и др.] // Морфология. – 2015. – № 6 (148). – С. 79–83.
  5. Гибадуллина, Ф.Б. Морфология надколенника и его фиксирующего аппарата у людей в зрелом, пожилом и старческом возрастах: автореф. дис. канд. мед. наук / Ф.Б. Гибадуллина. – Уфа, 2004. – 27 с.
  6. Горбатенко, С.А. Ультразвуковая диагностика повреждения и заболевания мягких тканей опорно-двигательного аппарата / С.А. Горбатенко. – М.: ЦОЛИУВ, 1991. – 25 с.
  7. Ермак, Е.М. Ультразвуковые критерии оценки структуры суставного хряща и субхондральной кости / Е.М. Ермак // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2005. – № 5. – С. 102–114.
  8. Коваленко, В.Н. Остеоартроз / В.Н. Коваленко, О.П. Борткевич // М.: Морион, 2003. – 448 с.
  9. Майка, О.Ю. Диагностические возможности ультразвукового сканирования коленных суставов при остеоартрозе / О.Ю. Майка, Г.Г. Багирова, Л.В. Попова // Терапевтический архив. – 2005. – С. 44–50.
  10. Рейнберг, С.А. Рентгенодиагностика заболеваний костей и суставов / С. А. Рейнберг // М.: Медицина, 1964. – Т. 1. – 530 с.
  11. Сименач, Б.И. Диспластические генетически опосредованные заболевания коленного сустава / Б.И. Сименач [и др.] // Охрана здоровья детей и подростков: респ. межвед. сб. – 1990. – № 21. – С. 93–97.
  12. Bucklein, W. Ultrasonography of acute musculoskeletal disease / W. Bucklein [et al.] // Eur Radiol. – 2000. – № 10. – P. 290–296.
  13. Mirida-Velasco, J.A. Development of the human knee joint ligaments / J.A. Mirida-Velasco [at al.] // Anat. Rec. – 1997. – Vol. 248, № 2. – P. 259–268.

A.A. Semenov, I.V. Gaivoronskiy, V.V. Hominets, A.A. Semenova

### Sonographic morphometric characteristics of some auxiliary elements of the adult knee in different age periods

**Abstract.** A complex ultrasound study of 300 knee joints without apparent functional disorders was performed in 150 people at different age periods (from 21 to 75 years). The following auxiliary elements are visualized: patella, patellar ligament, menisci and cruciate ligaments. In the sonography of each element of the joint, its dimensions, contours, structure, and echogenicity were studied. In the study of the patella and patellar ligament, it was found that in 76% of the patella had clear and even contours, in 24% of the observations chondromalacies indicating age-related changes were detected. A comparative evaluation of the meniscus morphometric parameters showed that with increasing age, the width and the decrease in the maximum thickness of the meniscus occur, with the sharpest changes occurring at the end of the second period of adulthood and in the elderly and, to a greater extent, affecting the medial meniscus. When studying the forms of the lateral and medial menisci, three of their forms were identified, depending on the length of the horns. In the case of sonography of cruciate ligaments in elderly and senile patients, in comparison with adults, two variants of changes are revealed. In 62,7% of cases, a higher echogenicity of the ligaments was noted, with relatively flat contours and a homogeneous structure, while their thickness decreased. In 37,3% of the observations, an increase in the thickness, a decrease in the echogenicity of the cruciate ligaments, and the presence of small hyperechoic inclusions in their structure, which indicates the presence of signs of deforming arthrosis.

**Key words:** knee joint, accessory apparatus of the joint, morphometry, patella, menisci, cruciate ligament, sonography, age periods.

Контактный телефон: 8-981-856-46-13; e-mail: semfeodosia82@mail.ru