

На правах рукописи

СЕМЕНОВ
Алексей Анатольевич

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ И
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА
В АСПЕКТЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
ЕГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ
(анатомо-экспериментальное исследование)**

14.03.01 – анатомия человека
14.01.15 – травматология и ортопедия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург – 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном военном образовательном учреждении высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации.

Научные руководители:

доктор медицинских наук, профессор Гайворонский Иван Васильевич
доктор медицинских наук, профессор Хоминец Владимир Васильевич

Официальные оппоненты:

АНИСИМОВА Елена Анатольевна, доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра анатомии человека, профессор.

ГРИЦЮК Андрей Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), кафедра травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, профессор.


Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита состоится 23 декабря 2019 года в ____ часов на заседании диссертационного совета Д 215.002.02 на базе ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ (194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева 6).

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке и на официальном сайте ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2019 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор медицинских наук, профессор



ЧИРСКИЙ Вадим Семенович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Пристальное внимание к изучению коленного сустава связано со сложностью строения и его ролью в осуществлении опорно-локомоторной функции. Как указывают Гайворонский И.В. и соавторы (2014), коленный сустав является самым крупным суставом в теле человека, имеет инконгруэнтные суставные поверхности и самое большое количество различных вспомогательных элементов (внутрисуставные связки, мениски, синовиальные сумки, надколенник, жировые и синовиальные складки). При этом как основным, так вспомогательным элементам свойственен широкий диапазон вариантной анатомии, а также возрастные, половые и типовые особенности строения (Вагапова В.Ш., 2007).

Морфологические исследования позволяют определить варианты формы и строения основных и вспомогательных элементов коленного сустава, установить границы их диапазона нормы и дифференцировать варианты нормы и патологические изменения при гонартрозе.

Анализ научной литературы последних лет убедительно свидетельствует, что коленный сустав значительно чаще, чем остальные крупные суставы конечностей становится предметом клинических и научных исследований (Ахпашев А.А., 2016). Среди всех дегенеративно-дистрофических заболеваний конечностей частота артроза коленного сустава составляет 33,3%. Поражение обоих суставов наблюдается у каждого третьего (Миронов С.П., Миронова З.С., Орлецкий А.К., 2001). Р.М. Тихилов и соавторы (2014) отмечают, что частота заболеваний коленного сустава с возрастом нарастает: до 30 лет страдают 3% населения, к 40 годам – 8%, к 50 – 16%, к 60 – 20%, а старше 60 лет – более 30%.

В 16,5% случаев гонартроз становится причиной инвалидности или приводит к существенному снижению работоспособности (Москалев В.П., 2001). Среди общего числа инвалидов с заболеваниями костно-мышечной системы деформирующий артроз составляет 13,2% (Матвеев Р.П., Брагина С.В., 2014).

Особое значение знание морфометрических характеристик и вариантной анатомии элементов коленного сустава имеет при его эндопротезировании. Эта операция требует обязательной нормализации оси конечности, восстановления полной амплитуды движений и стабильности сустава. Для достижения этих требований крайне важным является подбор компонентов эндопротеза коленного сустава соответствующего размера, а также их правильное позиционирование, которое может зависеть от индивидуальных анатомических особенностей строения дистального метаэпифиза бедренной кости.

Степень разработанности темы исследования. Изучению анатомии коленного сустава посвящены многочисленные исследования (Аниськова Е.П., 1986; Иманова В.Р., Вагапова В.Ш., 2006; Гринберг Е.Г., 2012; Гайворонский И.В. и соавт., 2018 и др.). Однако они затрагивают лишь аспекты изучения отдельных его структур.

Внедрение в клиническую практику компьютерной и магнитно-

резонансной томографии (КТ и МРТ), а также диагностической артроскопии позволило значительно облегчить предоперационное обследование и определить оптимальную тактику лечения профильных пациентов (Майка О.Ю., Багирова Г.Г., Попова Л.В., 2005; Курзанцева О.М. и др., 2004; Макарова М.В. и др., 2014). Ряд авторов указывают, что при сопоставлении данных МРТ и артроскопии, изменения капсульно-связочного аппарата и менисков нашли подтверждение в 87% случаев (Кузина И.Р., Ахатов Т.А., 2003; Минтинская И.Н., 2004; Меньшикова Т.И., Мальцева Л.В., 2004; Berger P.E. с соавт., 1989 и др.). Однако работ, основанных на результатах анатомических исследований в сопоставлении с данными клинических методов исследования проведено не было.

Дискутабельной остается взаимосвязь прогрессирования гонартроза, изменений минеральной плотности и химического состава костной ткани мыщелков бедренной кости. Недостаточно освещенными являются вопросы изменений морфометрических характеристик основных и вспомогательных элементов коленного сустава при его деформирующем артрозе.

В прикладном аспекте актуальным и перспективным является уточнение методик хирургического лечения профильных пациентов с позиции знаний вариантной анатомии коленного сустава. Непринятие во внимание анатомических особенностей коленного сустава зачастую является причиной ошибок при выполнении эндопротезирования и влечет за собой получение неудовлетворительных результатов хирургического лечения. Отмеченные положения определили цель и задачи настоящего исследования.

Цель исследования: изучить вариантную анатомию, морфометрические характеристики основных и вспомогательных элементов коленного сустава и оптимизировать технику его эндопротезирования.

Задачи исследования:

1. Изучить вариантную анатомию и морфометрические характеристики мыщелков бедренной и большеберцовой костей интактного коленного сустава и их изменения при деформирующем артрозе.

2. Изучить морфометрические характеристики коллатеральных связок и вспомогательных внутрисуставных элементов коленного сустава в норме и при деформирующем артрозе.

3. Провести сравнительную характеристику химического состава костной ткани мыщелков бедренной кости в норме и при деформирующем артрозе.

4. Изучить источники кровоснабжения коленного сустава в норме и их изменения при деформирующем артрозе.

5. Экспериментально обосновать и апробировать в клинической практике оптимальную технику выбора ротации бедренного компонента эндопротеза коленного сустава, учитывающую индивидуальные морфометрические характеристики мыщелков бедренной кости и состояние коллатеральных связок.

Научная новизна исследования. Впервые определен ряд новых информативных параметров, позволяющих всесторонне оценить форму костных структур коленного сустава. По предложенным индексам выделены три

формы мышелков бедренной кости: с преобладанием продольного размера медиального мышелка, с их равными размерами и преобладанием продольного размера латерального мышелка. Изучены морфометрические характеристики вспомогательных внутрисуставных элементов коленного сустава в норме и их изменения при гонартрозе.

Впервые проведено изучение химического состава костной ткани мышелков бедренной кости в норме и при деформирующем артрозе.

Сопоставление прижизненных и поствитальных морфологических проявлений гонартроза позволило оценить информативность прижизненных методов исследования при различных стадиях гонартроза.

В анатомическом эксперименте научно обоснована, а затем апробирована в клинике оптимальная техника позиционирования бедренного компонента эндопротеза коленного сустава, учитывающая индивидуальные морфологические особенности мышелков бедренной кости и состояние коллатеральных связок.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные на основании морфометрических исследований сведения о вариантной анатомии и формах мышелков бедренной и большеберцовой костей представляют собой базу данных, использование которой возможно при проектировании дизайна компонентов эндопротеза коленного сустава.

Проведенные морфологические исследования вспомогательных элементов коленного сустава (надколенника, внутрисуставных связок, менисков, синовиальных сумок, жировых и синовиальных складок) позволяют обосновать дифференцированный подход к поиску источника основного болевого синдрома при гонартрозе.

Сведения об изменениях химического состава костной ткани мышелков бедренной и большеберцовой костей при деформирующем артрозе коленного сустава представляют интерес для определения характеристик нарушений минеральной плотности костной ткани у пациентов рассматриваемой категории.

Полученные данные о морфологических изменениях вспомогательных элементов коленного сустава при деформирующем артрозе позволяют усовершенствовать алгоритм обследования больных данного профиля и выбрать оптимальную тактику лечения.

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы в учебном процессе кафедр морфологического профиля, а также кафедр, преподающих специальность «травматология и ортопедия».

Проведенное экспериментальное анатомическое исследование продемонстрировало преимущества техники формирования сгибательного промежутка и последующего позиционирования бедренного компонента эндопротеза коленного сустава, при которой учитываются индивидуальные морфологические особенности строения мышелков бедренной кости и состояние коллатеральных связок. Клиническая апробация данной техники подтвердила ее высокую эффективность при эндопротезировании коленного сустава у пациентов с варусным гонартрозом.

Методология и методы исследования. В качестве методологической и теоретической основы диссертационного исследования использовались труды отечественных и зарубежных ученых, посвященные вопросам вариантной анатомии основных и вспомогательных элементов коленного сустава и их изменениям при артрозе, вопросам использования морфометрических характеристик данных структур при проведении эндопротезирования коленного сустава. В проведенном исследовании использованы такие методы исследования как морфометрия, морфологическое описание, рентгенофазовый анализ, рентгеноангиография, рентгеноконтрастное исследование синовиальных сумок, экспериментальное формирование сгибательного и разгибательного промежутков при проведении эндопротезирования на полимерно-бальзамированных препаратах, сравнительный анализ результатов анатомического эксперимента выполненного по предложенной и традиционной методике эндопротезирования, а также статистические методы обработки полученных данных с помощью пакета прикладных программ Statistica for Windows. На проведение исследования было получено разрешение Комитета по вопросам этики при Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, протокол № 169 от 22.12.2015 г. (после изменения темы исследования – протокол № 225 от 24.09.2019 г.).

Основные положения, выносимые на защиту:

1. На основании морфометрических исследований можно выделить 3 формы мышечков бедренной и большеберцовой костей: с преобладанием продольного размера медиального мышечка; с равными продольными размерами медиального и латерального мышечков; с преобладанием продольного размера латерального мышечка.
2. Форма и морфометрические характеристики коллатеральных связок и вспомогательных элементов (надколенника, крестообразных связок, менисков, синовиальных сумок и крыловидных складок) коленного сустава определяются особенностями формы мышечков бедренной кости и большеберцовой костей.
3. При артрозе коленного сустава I-II стадии происходят локальные изменения основных, вспомогательных элементов и кровеносных сосудов, а при III стадии деформирующего артроза изменения морфометрических характеристик мышечков бедренной и большеберцовой костей, обусловленные развитием остеофитов.
4. Обоснованная в анатомическом эксперименте техника резекции мышечков бедренной кости, позволяет выполнить имплантацию бедренного компонента эндопротеза в оптимальной индивидуальной ротации.

Степень достоверности результатов исследования. Объективность и достоверность полученных результатов обеспечена достаточным количеством проанализированного анатомического материала и ретроспективного клинического материала в сравниваемых группах, адекватностью методов исследования, корректным применением современных статистических методов обработки полученных данных.

Апробация работы. Основные положения работы были представлены на различных научных мероприятиях: научной конференции «Актуальные проблемы современной морфологии», посвященной 170-летию со дня рождения академика А.И. Таренецкого (Санкт-Петербург, 2015); XVIII международной медико-биологической конференции молодых исследователей «Фундаментальная наука и клиническая медицина – человек и его здоровье» (Санкт-Петербург, 2015); Всероссийской научной конференции посвященной 100-летию доцента Бриллиантовой А.Н. (Чебоксары, 2015); XIX международной медико-биологической конференции молодых исследователей «Фундаментальная наука и клиническая медицина – человек и его здоровье» (Санкт-Петербург, 2016); XIII конгрессе Международной Ассоциации морфологов (Петрозаводск, 2016); научной конференции Военно - научного общества курсантов и слушателей академии «Травматология и ортопедия» (Санкт-Петербург, 2016); Международной научной конференции, посвященной 80-летию со дня рождения профессора Асфандиярова Р.И. (Астрахань, 2017); научной конференции «Методология научно-исследовательской работы кафедр морфологического профиля» (Санкт-Петербург, 2017); Всероссийской юбилейной научной конференции, посвященной 220-летию со дня основания кафедры нормальной анатомии Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова «Достижения морфологических наук на современном этапе» (Санкт-Петербург, 2018).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертация соответствует паспортам научных специальностей:

14.03.01 – анатомия человека (медицинские науки), изучающей строение, макро- и микротопографию органов, их отделов, различных структурных компонентов у человека (пункт 1), участвующей в определении нормативов строения тела, его частей, органов, их компонентов (в условиях нормы) с учетом возрастано-половой и другой типологии (пункт 2), посвящена анализу и градации разнообразных вариантов, индивидуальных особенностей и аномалий организации тела человека (пункт 3), исследованию строения тела живого человека с применением разнообразных клинических и инструментальных факторов (пункт 7);

14.01.15 – травматология и ортопедия (медицинские науки), изучающей этиологию, патогенез и распространенность заболеваний опорно-двигательной системы (пункт 1), посвященной экспериментальной разработке и усовершенствованию методов лечения заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы и внедрению их в клиническую практику (пункт 4).

Внедрение результатов работы. Основные результаты диссертационного исследования включены в учебные программы кафедры нормальной анатомии, кафедры военной травматологии и ортопедии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова и кафедры морфологии медицинского факультета Санкт-Петербургского государственного университета. Результаты исследования также используются в практической работе кафедры военной травматологии и ортопедии Военно-медицинской академии.

Публикации. По материалам исследования опубликовано 15 печатных работ, в том числе 7 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией РФ.

Личный вклад автора в проведенное исследование. В диссертации представлены результаты исследований, выполненных самим автором. Личный вклад автора состоит в постановке задач исследования, проведении морфологических исследований, морфометрии различных элементов коленного сустава, разработке экспериментальных и теоретических методов оптимальной техники эндопротезирования, в обработке, анализе, обобщении полученных результатов и формулировке выводов. Личный вклад автора составляет 90%.

Объем и структура диссертационного исследования. Диссертация изложена на 218 страницах, содержит введение, обзор литературы, 4 главы собственных исследований, включая выводы, практические рекомендации и список литературы (240 публикаций, из них 120 отечественных и 120 зарубежных авторов). Работа иллюстрирована 88 рисунками и 21 таблицей.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

Исследование содержит анатомическую, экспериментальную и клиническую части, которые объединены общей целью и единой направленностью в решении поставленных задач.

Материалы и методы анатомической части исследования.

Анатомическая часть включала в себя изучение основных и вспомогательных элементов коленного сустава. Из числа основных элементов коленного сустава исследовали мышелки бедренной и большеберцовой костей, коллатеральные связки и суставную полость. Из числа вспомогательных элементов исследовали мениски, надколенник, крестообразные связки, наднадколенниковую синовиальную сумку и крыловидные жировые складки. В качестве методик исследования применяли препарирование, описание морфологических особенностей, морфометрию, рентгеноконтрастные исследования артериальных сосудов и синовиальных сумок, рентгенофазовый анализ костной ткани. Подробная характеристика распределения объектов анатомической части исследования и примененных методик представлена в таблице 1.

При выборе анатомических объектов исследования особое внимание было уделено изучению как интактных коленных суставов, так и препаратов коленного сустава с признаками варусного гонартроза I – III стадии (Зыкин А.А. и соавт., 2015).

Таблица 1

Распределение объектов анатомического исследования коленного сустава по использованным методикам

Объекты исследования		Методы исследования				
		Морфометрия	Описание морфологических особенностей	Рентгенофазовый анализ	Поствитальная рентгеноангиография	Рентгеноконтрастное исследование синовиальных сумок
Костные препараты (n=175)	Н	100	100	3	-	-
	Д/а	75	75	3	-	-
Полимерно-бальзамированные препараты (n=30)	Н	10	10	-	-	-
	Д/а	20	20	-	-	-
Влажные бальзамированные препараты (n=30)	Н	10	10	-	-	10
	Д/а	20	20	-	-	20
Нефиксированные препараты (n=70)	Н	10	10	-	15	10
	Д/а	30	30	-	15	30
ВСЕГО (n=305)		275	275	6	30	70

Примечание: n – количество объектов исследования; Н – интактный сустав; Д/а – сустав с деформирующим артрозом.

На препаратах измеряли продольные, поперечные, вертикальные размеры, радиусы кривизны мыщелков бедренной и большеберцовой костей, длину, ширину и толщину коллатеральных связок. При исследовании вспомогательных элементов измеряли размеры надколенника, крестообразных связок, менисков, синовиальных сумок, крыловидных складок (рисунок 1).

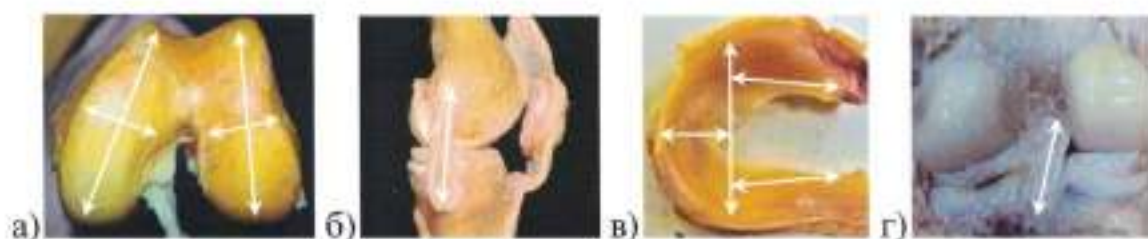


Рисунок 1. Схемы измерения основных (а, б) и вспомогательных элементов (в, г) интактного коленного сустава.

Материалы и методы экспериментальной части исследования.

Для анатомического эксперимента были отобраны 18 препаратов интактных коленных суставов, изготовленных методом препарирования с последующим полимерным бальзамированием. На всех препаратах были сохранены крестообразные и коллатеральные связки. Они были разделены на 3 группы (по 6 коленных суставов в каждой) согласно вариантам форм мыщелков бедренной кости: 1 группа – с преобладанием продольного размера медиального мыщелка; 2 группа – с равными продольными размерами мыщелков и 3 группа – с преобладанием продольного размера латерального мыщелка. На рисунке 2 показаны этапы анатомического эксперимента.

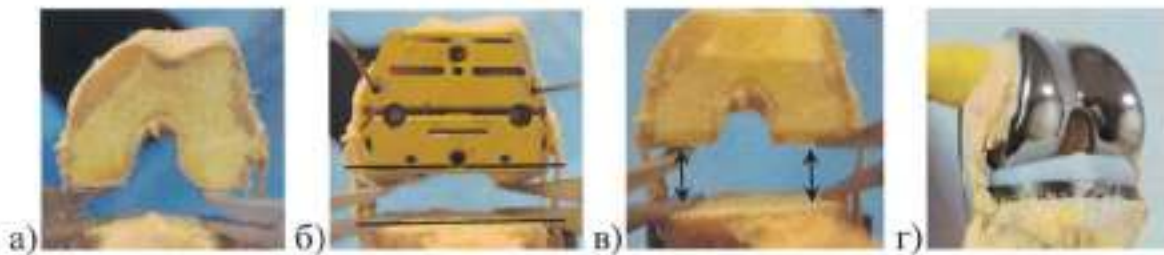


Рисунок 2. Этапы выполнения анатомического эксперимента: а) при помощи реципрокной пилы выполнена дистальная резекция мыщелков бедренной кости и верхней суставной поверхности большеберцовой кости, б) установка резекционного блока в определенном ротационном положении с учетом формы мыщелков бедренной кости, в) формирование равномерного сгибательного промежутка, г) установка компонентов эндопротеза.

Материалы и методы клинической части исследования.

Объектом клинического раздела диссертационного исследования явился ретроспективный анализ историй болезни 150 больных клиники военной травматологии и ортопедии ВМедА обоего пола, находившихся на обследовании и лечении в 2015-2018 годах по поводу дегенеративно-дистрофических изменений коленного сустава различной выраженности. Также в данную выборку были включены 10 пациентов, при исследовании которых признаков патологии коленного сустава выявлено не было (контрольная группа). Распределение обследованных пациентов по полу и возрасту представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение по полу и возрасту лиц, включенных в клинический раздел диссертационного исследования

Возрастные периоды	Пол				ВСЕГО	
	Мужской		Женский		Абс. число	%
	Абс. число	%	Абс. число	%		
Первый период зрелого возраста 22–35 лет (муж.) 21–35 лет (жен.)	21	14	22	14,6	43	28,6
Второй период зрелого возраста 36–60 лет (муж.) 36–55 лет (жен.)	20	13,4	22	14,6	42	28
Пожилой возраст 61–74 года (муж.) 56–74 года (жен.)	22	14,6	24	16,1	46	30,7
Старческий возраст 75–90 лет	11	7,3	8	5,4	19	12,7
ИТОГО	74	49,3	76	50,7	150	100

Сведения о распределении пациентов, включенных в клинический раздел настоящей работы, по использованным диагностическим методикам представлены в таблице 3.

Таблица 3

Распределение пациентов с варусным гонартрозом I – III ст. (по Косинской Н.С. с соавт., 1961) по методам обследования

Методы обследования	Объекты исследования				ВСЕГО (n=185)	
	Норма (n=10)	Гонартроз I ст. (n=47)	Гонартроз II ст. (n=47)	Гонартроз III ст. (n=46)	Абс. число	%
Рентгенография	10	47	47	46	150	81
МРТ	10	47	47	46	150	81
Диагностическая артроскопия	-	-	35	-	35	19

Примечание: n – количество пациентов.

Как следует из данных, представленных в таблице 3, при включении пациентов в исследование особое внимание было уделено наиболее полному охвату всех стадий развития артроза коленного сустава в соответствии с классификацией Н.С. Косинской (1961). Это позволило провести сопоставления данных, полученных в анатомической части настоящей работы с при-

жизненными изменениями, характерными для различных стадий дегенеративного процесса (рисунок 3).

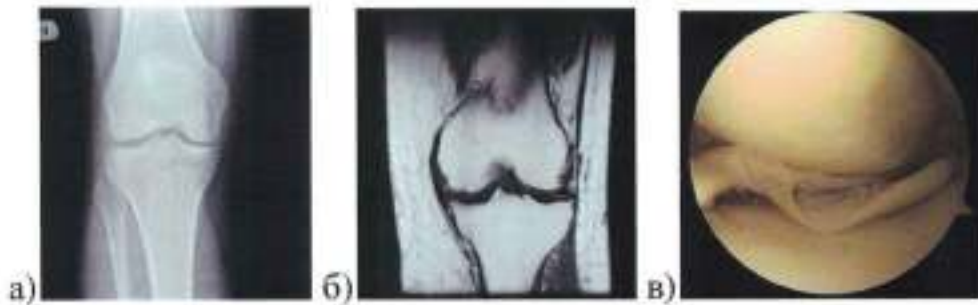


Рисунок 3. Методы прижизненного исследования коленного сустава: а) рентгенография; б) МРТ; в) диагностическая артроскопия.

Статистическая обработка полученных данных осуществлена с использованием программных пакетов «Microsoft Excel» и «Statistica for Windows». Рассчитаны стандартные показатели описательной статистики. Для определения достоверности различий характеристик исследуемых независимых выборок с нормальным распределением использовался t-критерий Стьюдента. Различия значений исследуемых параметров считали достоверными при 95% пороге вероятности ($P < 0,05$).

Результаты собственных исследований

Морфометрические параметры медиального и латерального мыщелков бедренной кости (min, max и средние), полученные на 100 паспортизированных бедренных костях без видимых признаков патологических изменений суставных поверхностей коленного сустава представлены в таблице 4.

При анализе таблицы установлены статистически достоверные различия ($p < 0,05$) между размерами медального и латерального мыщелков в пределах одной группы. Определены продольно-поперечные индексы мыщелков бедренной кости и выделены 3 варианта их формы: с преобладанием продольного размера медиального мыщелка (87%); с равными продольными размерами мыщелков (6%); с преобладанием продольного размера латерального мыщелка (7%) (рисунок 4).



Рисунок 4. Формы мыщелков бедренной кости: а) с преобладанием продольного размера медиального мыщелка; б) с равными продольными размерами мыщелков; в) с преобладанием продольного размера латерального мыщелка.

Морфометрические параметры мыщелков бедренной кости

Исследуемые параметры	Мужчины			Женщины		
	min	max	$x \pm mx$	min	max	$x \pm mx$
Продольный размер медиального мыщелка	5,1	7,1	$5,8 \pm 0,1^{**}$	4,5	6,0	$5,2 \pm 0,1^{**}$
Поперечный размер медиального мыщелка	2,2	3,4	$3,1 \pm 0,1^{**}$	1,5	3,1	$2,3 \pm 0,1^{**}$
Продольный размер латерального мыщелка	4,6	6,1	$5,5 \pm 0,1^{**}$	4,2	5,6	$4,9 \pm 0,1^{**}$
Поперечный размер латерального мыщелка	2,1	3,8	$3,3 \pm 0,1^{**}$	1,7	3,2	$2,5 \pm 0,1^{**}$
Вертикальный размер медиального мыщелка	0,5	1,0	$0,8 \pm 0,1^*$	0,2	0,7	$0,5 \pm 0,1^*$
Вертикальный размер латерального мыщелка	0,8	1,4	$1,1 \pm 0,1^*$	0,4	1,1	$0,8 \pm 0,1^*$
Вертикальный радиус кривизны медиального мыщелка	2,4	3,1	$2,7 \pm 0,3^*$	2,2	2,7	$2,4 \pm 0,2^*$
Вертикальный радиус кривизны латерального мыщелка	3,1	3,9	$3,5 \pm 0,3^*$	2,7	3,2	$3,0 \pm 0,2^*$
Горизонтальный радиус кривизны медиального мыщелка	2,0	2,7	$2,3 \pm 0,2^*$	1,9	2,5	$2,2 \pm 0,1^*$
Горизонтальный радиус кривизны латерального мыщелка	2,8	3,5	$3,1 \pm 0,2^*$	2,5	2,9	$2,7 \pm 0,1^*$

Примечания: * – наличие статистически достоверных различий между размерами медиального и латерального мыщелков в пределах одной группы – мужчин или женщин ($p < 0,05$);

Согласно полученным данным, для всех показателей характерен большой диапазон различий между минимальными и максимальными значениями вне зависимости от пола, однако при этом значения исследуемых параметров мыщелков бедренной кости у мужчин достоверно превышают эти значения у женщин.

Установлено, что вертикальный размер и радиус кривизны латерального мыщелка превышали аналогичный размер медиального мыщелка как у мужчин, так и у женщин. Выявлена прямая зависимость между вертикальным размером и вертикальным радиусом кривизны как медиального, так и латерального мыщелков.

Морфометрические характеристики коллатеральных связок (min, max и средние) интактного коленного сустава в зависимости от варианта формы мыщелков представлены в таблице 5.

Таблица 5

Морфометрические характеристики коллатеральных связок интактного коленного сустава при разных формах мыщелков бедренной кости, ($\bar{x} \pm m$ в мм)

Варианты форм мыщелков	Длина коллатеральных связок		Ширина коллатеральных связок	
	Большеберцовой	Малоберцовой	Большеберцовой	Малоберцовой
С преобладанием продольного размера медиального мыщелка	49,7 \pm 0,1*	53,2 \pm 0,1*	13,0 \pm 0,2	7,1 \pm 0,1*
С равными продольными размерами	48,1 \pm 0,2	55,1 \pm 0,3	14,6 \pm 0,2	7,5 \pm 0,2
С преобладанием продольного размера латерального мыщелка	46,0 \pm 0,1*	57,2 \pm 0,1*	16,2 \pm 0,3	4,2 \pm 0,1*

Примечание: * – наличие статистически достоверных различий между выделенными группами ($p < 0,05$);

На основании результатов проведенного морфометрического исследования мыщелков бедренной и большеберцовой костей и коллатеральных связок можно сделать заключение о широком диапазоне их вариантной анатомии. Три выделенные нами формы мыщелков характеризуются статистически достоверными различиями ($p < 0,05$) не только по продольным размерам, но и по вертикальным размерам, радиусам их кривизны и длине коллатеральных связок, а также наличием прямо пропорциональной зависимости этих размеров.

Исследования препаратов коленного сустава с признаками деформирующего артроза III стадии показали, что распространение дегенеративного процесса на краевых поверхностях мыщелков бедренной и большеберцовой костей зависит от формы последних. Локальное разрушение суставного хряща (хондромалиция) медиального мыщелка и надколенниковой поверхности, образование краевых остеофитов, гиперемия и разрыхление крыловидных складок и разрастание у них краевых отростков при деформирующем артрозе показаны на рисунке 5.

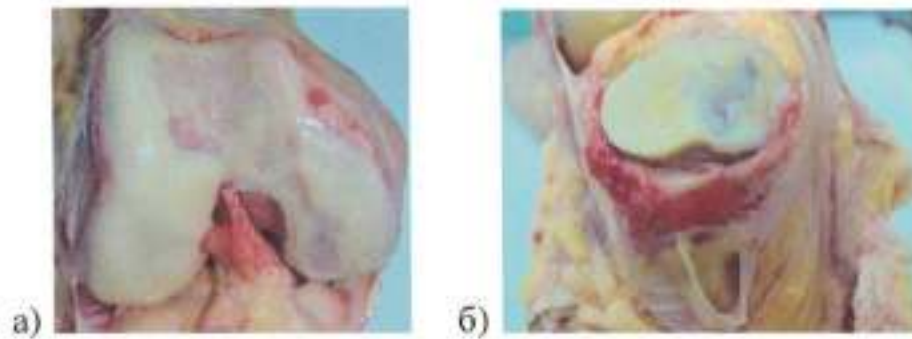


Рисунок 5. Дегенеративное поражение правого коленного сустава при форме с преобладанием продольного размера медиального мыщелка: а) разрушение суставного хряща медиального мыщелка и надколенниковой поверхности; б) хондромалиция медиальной суставной поверхности надколенника.

На основании морфометрии определены три крайние формы надколенника, которые проявлялись в отличиях его общей конфигурации (удлиненная и узкая, короткая и широкая), в соотношении размеров суставных поверхностей – от почти равных до значительного превалирования латеральной над медиальной, а также в степени выраженности апикальной части – от едва наметившейся до сильно выраженной. Выявлены часто встречающиеся формы надколенника при разных формах мыщелков бедренной кости. Так для формы с преобладанием продольного размера медиального мыщелка были характерны удлиненная и узкая форма (в 87 % случаев), а также форма с преобладанием апикальной части (79%). Форме с равными продольными размерами мыщелков в 76% соответствовала форма надколенника с равными суставными фасетками, а в 80% встречалась форма с отсутствием апикальной части. Форма с преобладанием продольного размера латерального мыщелка характеризовалась наличием формы надколенника с превалированием латеральной фасетки (в 81% наблюдений) и короткой и широкой формы (в 79%).

Нами установлено, что при гонартрозе происходит увеличение ширины и уменьшение наибольшей толщины тела и рогов менисков. Причем наиболее резкие изменения приходятся на конечную стадию деформирующего артроза и в большей степени затрагивают медиальный мениск.

При артрозе коленного сустава II стадии, проявляющемся сужением суставной щели, расширением периферических отделов полости сустава, истончением гиалинового хряща и наличием остеофитов, наблюдается утолщение и разрыхление крестообразных связок. Средняя длина крестообразных связок при деформирующем артрозе III стадии уменьшается, а толщина увеличивается.

При деформирующем артрозе выявлено удлинение латеральной коллатеральной связки, особенно выраженное при наличии варусной деформации конечности. Напротив, медиальная коллатеральная связка при варусном гонартрозе на всех препаратах была укорочена и рубцово утолщена.

Изучение размеров наднадколенниковой сумки относительно костных размеров нижней трети бедренной кости показало, что в интактном коленном суставе среднее значение ее длины составляет $65,2 \pm 5,1$ мм, а ширины – $53,4 \pm 1,2$ мм. При деформирующем артрозе эти размеры существенно увеличиваются: длина до $105,4 \pm 15,3$ мм, ширина – до $85,1 \pm 6,2$ мм. Аналогичные изменения наблюдались и в других синовиальных сумках.

При деформирующем артрозе крыловидные складки увеличиваются в размерах, становятся более рыхлыми, жировая ткань местами приобретает ярко красную окраску за счет диапедезных кровоизлияний, по бокам образуются отростки. Длина отростков достигает 1 – 2 см, они гиперемированы и имеют заостренную, треугольную форму.

Рентгенофазовый анализ показал, что при деформирующем артрозе в поверхностном слое мышечков концентрации гетероэлементов изменялись неоднородно. Количество кальция и фосфора выросло на двадцать процентов, при этом костный индекс остался прежним, содержание железа упало на сорок процентов. Концентрации микроэлементов алюминия и бария выросли почти в полтора раза, в то время как доли марганца и меди уменьшились. Массовые доли углерода и азота упали на двадцать процентов, что свидетельствует о снижении доли белковой компоненты среди органических веществ. Нами установлено, что поражение мышечков бедренной кости при деформирующем артрозе развивается от поверхностного слоя к глубокому. Состав самых глубоких слоев губчатого вещества мышечков бедренной кости при деформирующем артрозе максимально близок к составу интактной кости. Показанные различия в химическом составе поверхностного и глубокого слоев костной ткани медиального мышечка в норме и при деформирующем артрозе III стадии могут применяться для качественной оценки состояния костной ткани.

Также нами был проведен сравнительный анализ информативности прижизненных диагностических методик, применяемых у пациентов с артрозом коленного сустава различной выраженности для верификации морфологических признаков рассматриваемой патологии, что позволило полностью подтвердить полученные результаты анатомической части работы, а также продемонстрировало эффективность МРТ как современного высокоинформативного неинвазивного метода визуализации дегенеративных изменений как основных, так и вспомогательных структур коленного сустава. При этом рутинное рентгенологическое исследование, дополненное телерентгенографией, позволило оценить выраженность фронтальной деформации и рассчитать величину смещения механической оси нижней конечности, что имеет крайне важное значение для выбора и планирования современных органосохраняющих ортопедических оперативных вмешательств на основных и вспомогательных элементах коленного сустава.

Для определения особенностей хирургической техники, используемой при эндопротезировании коленного сустава, зависящей от полученных в результате анатомической части работы данных, выполнен анатомический эксперимент на полимерно-бальзамированных препаратах коленного сустава.

В первой части анатомического эксперимента во всех трех группах анатомических препаратов коленного сустава были использованы классические рекомендации, предполагающие расположение бедренного компонента эндопротеза коленного сустава в положении 3° наружной ротации. Для позиционирования бедренного резекционного блока и последующих опилов были использованы следующие ориентиры: линия, проходящая через надмыщелки бедренной кости; переднезадняя линия, проходящая через середину надколенниковой борозды мыщелков бедренной кости; а также задние части мыщелков бедренной кости (Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., 2012). Традиционная техника позиционирования бедренного резекционного блока «четыре в одном» и последующее формирование сгибательного промежутка были применены на анатомических препаратах коленного сустава с крайними формами строения мыщелков бедренной кости, которые были выделены нами на предыдущем этапе работы. При этом на данных анатомических препаратах коленного сустава достичь равномерного сгибательного промежутка не удалось (рисунок 6 а, б).

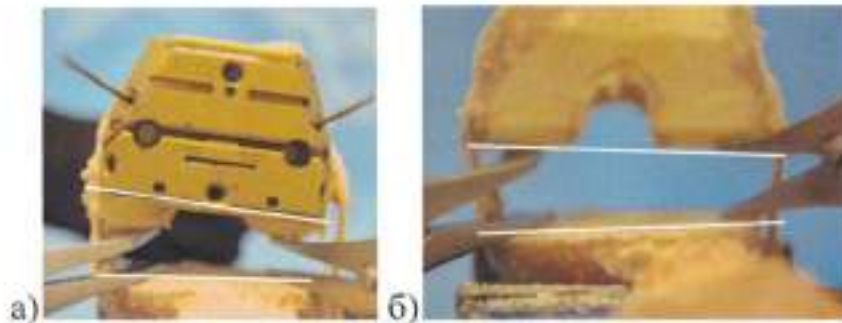


Рисунок 6. Результаты выполнения анатомического эксперимента на препарате коленного сустава с равными продольными размерами мыщелков бедренной кости: а) неправильное позиционирование резекционного блока с наружной ротацией 3° ; б) неравномерно сформированный сгибательный промежуток.

Во второй части анатомического эксперимента во всех трех группах препаратов коленного сустава была применена хирургическая техника, предполагающая индивидуальный подбор ротации бедренного резекционного блока «четыре в одном». Такой подход обеспечил выполнение резекции соответствующих отделов мыщелков бедренной кости и имплантацию бедренного компонента эндопротеза коленного сустава с индивидуально подобранной наружной ротацией, зависящей от особенностей анатомии мыщелков бедренной кости и состояния связочного аппарата коленного сустава.

Для реализации данного хирургического подхода выполняли типовые резекции проксимальных отделов мыщелков большеберцовой и дистальных отделов мыщелков бедренных костей, технически не отличавшиеся от опилов, использованных в первой части анатомического эксперимента. Затем осуществляли сгибание коленного сустава до угла 90° и устанавливали в промежуток между проксимальным опилов большеберцовой кости и задними

отделами латерального и медиального мыщелков бедренной кости два ламинарных расширителя (Laminar Spreader), обеспечивающих равномерное натяжение малоберцовой и большеберцовой коллатеральных связок. При установке резекционного блока в качестве ориентира использовали только линию проксимального опиления большеберцовой кости, для чего задний фланец блока располагали параллельно опиленной верхней суставной поверхности большеберцовой кости (рисунок 7 а, б).

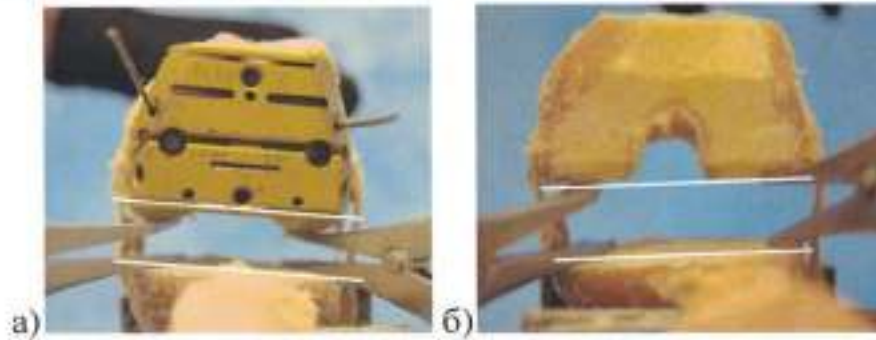


Рисунок 7. Результаты выполнения анатомического эксперимента на анатомическом препарате коленного сустава с равными продольными размерами мыщелков бедренной кости: а) правильное позиционирование резекционного блока с внутренней ротацией 1° ; б) равномерно сформированный сгибательный промежуток.

Результатом данного эксперимента явилось обоснование выбора наиболее рациональной техники формирования сгибательного промежутка и ротации бедренного компонента при тотальном эндопротезировании коленного сустава. Доказанная в результате экспериментальной части работы эффективность и универсальность рассматриваемой хирургической техники, а также ряд ее преимуществ перед классическими подходами к данному этапу операции эндопротезирования коленного сустава показали возможность индивидуального подбора наружной ротации бедренного компонента эндопротеза в зависимости от вариантной анатомии мыщелков бедренной кости и состояния малоберцовой и большеберцовой коллатеральных связок. Это послужило основанием для ее клинической апробации.

Проведенная клиническая апробация обоснованной в анатомическом эксперименте техники формирования сгибательного промежутка, включавшая 56 оперативных вмешательств, позволила подтвердить возможность ее выполнения в повседневной клинической практике при эндопротезировании коленного сустава у пациентов с гонартрозом и незначительной (не превышающей 15°) варусной деформацией нижней конечности.

Выводы:

1. Морфометрические показатели мыщелков необходимы для предоперационной оценки размера и техники постановки эндопротеза коленного сустава. Такими показателями являются продольные, поперечные и вертикальные размеры мыщелков бедренной и большеберцовой костей, продоль-

но-поперечный и продольно-вертикальный индексы и радиусы кривизны мыщелков бедренной кости.

2. На основании оценки продольно-поперечного индекса мыщелков бедренной кости, независимо от половой принадлежности можно выделить 3 формы мыщелков: 1 – с преобладанием продольных размеров медиального мыщелка (87%); 2 – с равными продольными размерами (6%); 3 – с преобладанием продольных размеров латерального мыщелка (7%).

3. При артрозе коленного сустава I-II стадии морфометрические характеристики мыщелков не изменяются, однако отмечается локальное истончение суставного хряща, а местами и полное его отсутствие. Площадь пораженных участков суставного хряща составляет 2-3 см². При деформирующем артрозе III стадии по краям мыщелков формируются остеофиты, выступающие от края мыщелка на 3-6 мм. Площадь поврежденного суставного хряща при этих стадиях гонартроза достигает 5-8 см².

4. В химическом составе остеофитов отмечается существенное увеличение кальция, фосфора и других металлосодержащих гетероэлементов, снижение органической компоненты (оссеина), что сопровождается преобразованием кристалличности гидроксиапатита, повышением твердости костной ткани. При деформирующем артрозе III стадии наиболее выраженные изменения происходят в поверхностном слое костной ткани мыщелков бедренной кости. В глубоких слоях мыщелков изменения химического состава костной ткани касаются в основном органической компоненты.

5. Морфометрические характеристики коллатеральных связок определяются формой и вертикальным радиусом кривизны мыщелков бедренной кости. При всех вариантах форм мыщелков бедренной и большеберцовой костей коленного сустава отмечается преобладание длины малоберцовой коллатеральной связки над большеберцовой. Однако соотношение длины коллатеральных связок при различных формах мыщелков существенно различается. Так при варианте с преобладанием радиуса кривизны латерального мыщелка малоберцовая коллатеральная связка на 11 – 13% по длине превосходит медиальную. При равных радиусах кривизны малоберцовая коллатеральная связка длиннее большеберцовой на 7 – 10%, а при варианте с преобладанием радиуса кривизны и вертикального размера медиального мыщелка бедренной кости – малоберцовая коллатеральная связка превосходит по длине большеберцовую лишь на 3 – 6%.

6. Морфометрические характеристики надколенника интактного коленного сустава позволяют выделить 3 его крайние формы:

- 1 – по индексу конституциональной принадлежности (удлинённый и узкий, короткий и широкий надколенник);
- 2 – по индексу фасеток (с равными фасетками и с превалированием латеральной фасетки);
- 3 – по индексу апикальной части (с выраженной апикальной частью и с отсутствием апикальной части)

При I стадии артроза коленного сустава отмечается поражение только поверхностного слоя суставного хряща площадью до 1 см., при II стадии по-

ражается глубокий слой суставного хряща надколенника площадью до 2,5 см. III стадия характеризуется практически полным разрушением суставного хряща и появлением краевых костных разрастаний.

7. Между min и max размерами менисков, крестообразных связок, крыловидных складок и наднадколенниковой синовиальной сумки интактных коленных суставов при разных формах мыщелков имеется широкий диапазон различий. При гонартрозе патологические изменения проявляются истончением и локальными разрывами мыщелков, удлинением их заднего рога, утолщением крестообразных связок, неоднородностью их структуры и повышением эхогенности, увеличением крыловидных складок, появлением у них отростков и резким увеличением объема синовиальных сумок, формированием боковых карманов, расширением отверстий и накоплением синовиальной жидкости.

8. Выполненное сопоставление прижизненных и поствитальных морфологических проявлений гонартроза позволило полностью подтвердить полученные результаты анатомической части работы, а также подтвердить эффективность всех рассматриваемых прижизненных методов дополнительного обследования пациентов, страдающих варусным гонартрозом. Вместе с тем, следует отметить, что для определения тактики лечения больных с деформирующим артрозом коленного сустава III ст. в абсолютном большинстве случаев оказывается достаточно информативной стандартная рентгенография рассматриваемого органа, а также телерентгенография нижней конечности.

9. При эндопротезировании коленного сустава у пациентов с любыми формами строения мыщелков бедренной кости, в том числе при редко встречающихся вариантах с преобладанием продольного размера латерального мыщелка и с равными размерами обоих мыщелков необходимо использовать обоснованную в анатомическом эксперименте и апробированную в клинической практике технику выбора ротации бедренного компонента эндопротеза, основанную на оценке индивидуальных морфометрических характеристик мыщелков бедренной кости и состояния коллатеральных связок. У 13% пациентов с редко встречающимися формами мыщелков ротация бедренного компонента может варьировать от 3° внутренней до 1° наружной.

Практические рекомендации:

1. Предоперационное обследование при эндопротезировании коленного сустава должно включать высокоинформативные методы исследования (рентгенографию, телерентгенографию, КТ и МРТ), позволяющие оценить морфометрические параметры мыщелков бедренной и большеберцовой костей, ось нижней конечности, характер и величину деформации, а также состояние вспомогательных элементов коленного сустава.

2. По предложенной методике морфометрических исследований необходимо оценить размеры мыщелков бедренной кости и надколенника для определения их формы.

3. Применительно к конкретной форме мыщелков необходимо

определить их вертикальный размер, радиус кривизны, рассчитать длину коллатеральных связок, ширину суставной щели для оценки предполагаемой линии и угла опиала.

4. У пациентов с деформирующим артрозом коленного сустава, имеющих индивидуальные особенности анатомического строения мыщелков бедренной кости в виде преобладания продольного размера латерального или равенства продольных размеров медиального и латерального мыщелков, при выборе величины ротации бедренного компонента эндопротеза следует использовать хирургическую технику, учитывающую индивидуальные морфологические характеристики основных элементов коленного сустава.

5. Общим противопоказанием к клиническому применению обоснованной техники выбора наружной ротации бедренного компонента является наличие значительной (свыше 15°) фронтальной деформации коленного сустава.

Список работ, опубликованных по теме диссертации.

1. Гайворонский, И.В. Корреляции морфометрических параметров мыщелков бедренной и большеберцовой костей / И.В. Гайворонский, В.В. Хоминец, Л.А. Удочкина, А.А. Семенов, Е.Б. Гринберг // *Морфология*. – 2015. – № 6 (148). – С. 79 – 83.

2. Гайворонский, И.В. Вариантная анатомия и морфометрическая характеристика мыщелков большеберцовой кости взрослого человека / Гайворонский И.В., Хоминец В.В., Семенов А.А., // Мат. научн. конф., посв. 100-летию со дня рождения доцента А.Н. Бриллиантовой «Актуальные проблемы современной морфологии». – 2015. – С. 44 – 47.

3. Гайворонский, И.В. Морфометрическая характеристика мыщелков бедренной кости в прикладном аспекте эндопротезирования коленного сустава / Гайворонский И.В., Хоминец В.В., Удочкина Л.А., Семенов А.А., Гринберг Е.Б. // Мат. научн. конф., посв. 170-летию со дня рождения академика А.И. Тареневского «Актуальные проблемы современной морфологии». – 2015. – С. 84 – 85.

4. Семенов, А.А. Вариантная анатомия надколенника у взрослого человека / А.А. Семенов // Мат. XVIII Междунар. Медико-биол. конф. молодых исследователей «Фундаментальная наука и клиническая медицина – человек и его здоровье». – СПб.: СПбГУ, 2015. – С. 486 – 487.

5. Гайворонский, И.В. Вариантная анатомия мыщелков бедренной кости / И.В. Гайворонский, В.В. Хоминец, Л.А. Удочкина, А.А. Семенов, Е.Б. Гринберг // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. – 2015. – № 2 (50). – С. 57 – 60.

6. Семенов, А.А. Вариантная анатомия надколенника у взрослого человека / А.А. Семенов // Мат. XIX Междунар. медико-биол. конф. молодых исследователей «Морфометрическая характеристика вспомогательных элементов коленного сустава методом сонографии». – СПб.: СПбГУ, 2016. – С. 361 – 362.

7. Семенов, А.А. Сонографические морфометрические характеристики некоторых вспомогательных элементов коленного сустава взрослого человека в различные возрастные периоды / А.А. Семенов, И.В. Гайворонский, В.В. Хоминец, А.А. Семенова // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2017. – № 3 (59). – С. 72 – 76.
8. Семенов, А.А. Особенности строения мышечков бедренной и большеберцовой костей взрослого человека в норме и при деформирующем артрозе / А.А. Семенов, М.Д. Салангина // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2017. – № 3 (59). – Приложение 2. – С. 131 – 132.
9. Гайворонский, И.В. Возможности сонографических исследований вспомогательных элементов интактного коленного сустава / И.В. Гайворонский, В.В. Хоминец, А.А. Семенов // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». – 2017. – № 4. – С. 103 – 107.
10. Гайворонский, И.В. Результаты ультразвуковых исследований крестообразных связок коленного сустава в возрастном аспекте / И.В. Гайворонский, Л.А. Удочкина, Е.Б. Гринберг, А.А. Семенов // Мат. междунар. научн. конф., посв. 80-летию со дня рождения профессора Р.И. Асфандиярова «Структурные особенности органов и тканей в норме и при воздействии антропогенных факторов». – Астрахань.: АГМУ, Леон, 2017. – С. 36 – 37.
11. Гайворонский, И.В. Способ изучения кровоснабжения коленного сустава на поствитальном материале с помощью рентгенангиографии / И.В. Гайворонский, А.А. Семенов // Сборник «Усовершенствование способов и аппаратуры, применяемых в учебном процессе, медико-биологических исследованиях и клинической практике». – СПб.: ВМА, 2017. – № 3. – С. 233 – 234.
12. Ихалайнен, Е.С. Сравнительная характеристика химического состава костной ткани мышечков бедренной кости в норме и при деформирующем артрозе / Е.С. Ихалайнен, И.В. Гайворонский, В.В. Хоминец, А.А. Семенов, О.М. Фандеева // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2018. – № 2 (62). – С. 177 – 181.
13. Гайворонский, И.В. Кровоснабжение коленного сустава в норме и при деформирующем артрозе / И.В. Гайворонский, А.А. Семенов // Мат. Всеросс. юбилейн. научн. конф., посв. 220-летию со дня основания кафедры нормальной анатомии Военно-медицинской академии «Достижения морфологических наук на современном этапе». – СПб.: ВМА, 2018. – С. 45 – 48.
14. Гайворонский, И.В. Морфологическая характеристика вспомогательных элементов коленного сустава в норме и при деформирующем артрозе / И.В. Гайворонский, В.В. Хоминец, А.А. Семенов, И.А. Горячева // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2018. – № 3 (63). – С. 175 – 179.
15. Семенов, А.А. Морфологическая характеристика основных и вспомогательных элементов коленного сустава при деформирующем артрозе по данным поствитальных и прижизненных исследований / А.А. Семенов, И.В. Гайворонский, В.В. Хоминец, А.Л. Кудяшев, М.Г. Гайворонская // Морфологические ведомости. – 2019. – № 3 (27). – С. 28 – 32.