

На правах рукописи

Колмаков Александр Александрович

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРИЖИЗНЕННЫХ АНАТОМИЧЕСКИХ И
БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕННЫХ СУСТАВОВ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

14.03.01 – анатомия человека

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Волгоград – 2013

Работа выполнена в государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, государственном бюджетном учреждении «Волгоградский медицинский научный центр»

Научный руководитель: доктор медицинских наук, профессор
Александр Александрович Воробьев

Официальные оппоненты: доктор медицинских наук, профессор
заведующий кафедрой анатомии человека ГБОУ
ВПО «Волгоградский государственный
медицинский университет» Минздрава России
Краюшкин Александр Иванович

доктор медицинских наук, ЗДН РФ,
профессор кафедры оперативной хирургии и
клинической анатомии ГБОУ ВПО
«Оренбургская государственная медицинская
академия» Минздрава России
Каган Илья Иосифович

Ведущая организация: Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита состоится «16» декабря 2013 г. в «___» ч. на заседании диссертационного совета Д 208.008.01 ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России по адресу: 400131, г. Волгоград, пл. Павших борцов, 1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Автореферат разослан «___» _____ 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор медицинских наук,
профессор

Наталья Владимировна Григорьева

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

В современной медицине существует потребность в знаниях всего спектра индивидуальной анатомической изменчивости тела человека в целом и его частей [Сапин М.Р. 2001-2012, Колесников Л.Л. 2005-2013, Боженков Д.В. 2000-2011, Никитюк Д.Б. 2010-2013, Николенко В.Н. 2007-2013, Каган И.И. 2000-2013]. В литературе имеются данные по биомеханике коленных суставов, построены трехмерные модели суставов, но эти данные основаны на усредненных параметрах, нет четкой физико-математической модели распределения нагрузки коленного сустава, что не позволяет осуществлять персонализированного подхода к диагностике и выбору метода лечения патологий коленного сустава [Колесников М.А., 2010; Светлова М.С., 2012 Чебыкин А.В., 2011; Баринов А.С., 2013].

Одним из ключевых факторов в развитии патологии коленного сустава является неравномерное распределение нагрузки на коленный сустав [Keen H.I. et al., 2009; Conaghan P.G., Hunter D.J., Maillefert J.F. et al., 2011, Pate D., 2013]. Практически каждый второй человек в возрасте 45-50 лет в той или иной степени страдает от каких-либо проявлений развивающегося или уже развившегося гонартроза [Колесников М.А., 2011], который занимает одно из ведущих место среди патологий опорно-двигательного аппарата [Шрамко Ю.И., 2013 Conaghan P.G., Hunter D.J., Maillefert J.F. et al., 2011;].

Удобным инструментом, позволяющим проводить измерения и планировать операции, является система построения виртуальной топографо-анатомической среды, бесконтактных измерений и построения трехмерной модели поверхности тела пациента [Адамская Н.А. и соавт, 2005; Воробьев А.А. и соавт. 2006-2013; Безбородов С.А., 2011; Вишняков А.Е., 2013; Canavan P.K., 2009; Yang N., Nayeb-Hashemi H., 2010; Harvey WF, Yang M, Cooke TDV, et al., 2010], однако известные программно-технические пакеты не дают возможности индивидуальной прижизненной оценки анатомических и биомеханических параметров коленных суставов и выявления их взаимосвязей.

В связи с этим, исследование особенностей строения с учетом изменчивости индивидуально-типологических и морфофункциональных

особенностей организма на различных этапах онтогенеза [Сапин М.Р. 2001-2012, Никитюк Д.Б. 2010-2013, Николенко В.Н. 2007-2013, Каган И.О. 2005-2013] и биомеханического распределения нагрузок в коленном суставе с разработкой методики прижизненного бесконтактного компьютеризированного метода исследования [Безбородов С.А., 2011] является актуальными вопросами анатомии, решение которых, позволило бы обосновать хирургическую коррекцию осевых деформаций нижних конечностей.

Цель исследования

Получить новые данные по взаимосвязи прижизненных анатомических и биомеханических параметров коленного сустава человека при различных формах нижних конечностей.

Задачи исследования

1. Разработать новую методику анатомо-биомеханического исследования коленного сустава человека и программно-технический комплекс для ее реализации.
2. Дать характеристику анатомических особенностей мышечков бедренной, большеберцовой костей и менисков у людей юношеского, I и II периодов зрелого возраста, пожилого возраста.
3. Определить взаимосвязь анатомических особенностей мышечков бедренной, большеберцовой костей и менисков в зависимости от формы нижних конечностей.
4. Определить анатомо-биомеханические характеристики коленного сустава и их взаимосвязь с различными формами нижних конечностей.

Научная новизна исследования

Впервые разработан метод определения распределения давления на поверхности коленного сустава, позволяющий определять величины силы давления в различных точках суставной поверхности.

Впервые разработан программно-технический комплекс для определения анатомо-биомеханических параметров коленных суставов (общая нагрузка на коленный сустав, площадь сустава, распределение нагрузки по площади коленного сустава).

Впервые создана электронная база данных анатомо-биомеханических параметров коленных суставов, позволяющая проводить быстрый анализ характеристик коленного сустава.

Впервые определена взаимосвязь анатомических особенностей мышечков бедренной, большеберцовой костей и менисков в зависимости от формы нижних конечностей; выявлена взаимосвязь анатомо-биомеханических характеристик коленного сустава и различных вариантов форм нижних конечностей.

Практическая значимость

Разработан и внедрен в клиническую практику программно-технический комплекс для определения распределения давления на поверхности коленного сустава.

Разработан метод определения анатомо-биомеханических параметров коленных суставов, который используется в научных и клинических целях, а также в учебном процессе на кафедрах соответствующего профиля медицинских, технических, спортивных ВУЗах.

Реализация и внедрение результатов работы.

Работа выполнена на кафедрах оперативной хирургии и топографической анатомии и биотехнических систем и технологий Волгоградского государственного медицинского университета; в лаборатории моделирования патологии Волгоградского научного медицинского центра, при участии специалистов отдела лучевой диагностики Волгоградского областного клинического кардиологического центра.

Материалы диссертации внедрены в учебный процесс на кафедрах оперативной хирургии и топографической анатомии, анатомии человека, биотехнических систем и технологий ВолгГМУ. Практические рекомендации, а также разработанный программно-технический комплекс используются в работе хирургического отделения на базе ГБУЗ «Волгоградский областной клинический госпиталь ветеранов войн», консультативного центра ЗАО «Да Винчи», Волгоград.

Апробация работы и публикации.

Апробация работы осуществлена на совместном заседании кафедр анатомии человека; оперативной хирургии и топографической анатомии; гистологии, цитологии и эмбриологии; патологической анатомии; судебной медицины, рентгенологии и травматологии и ортопедии Волгоградского государственного медицинского университета и лабораторий Волгоградского медицинского научного центра 13 сентября 2013 г.

Исследование отмечено грантом фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках программы У.М.Н.И.К, 2007 г.; грантом межрегионального инновационного клуба «Инновариум», 2010 г.

Основные положения диссертационной работы докладывались на Всероссийской конференции с международным участием «Новые информационные технологии в медицине», Волгоград 2008, Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы морфологии», Гродно, 2008; VIII Международном симпозиуме по клинической анатомии, Варна, 2008; международная конференция «Информационные технологии в образовании, технике и медицине, Волгоград 2009. Работа неоднократно представлялась на региональных выставках: «Медицина и здравоохранение», г. Волгоград, 2010 г. (первое место); «Образование Волгоградской области», г. Волгоград, 2011 г. (лауреат).

По материалам диссертации опубликовано 17 научных работ, обобщающих исследования, в их числе 5 статей в журналах включенных в перечень ВАК РФ.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 151 страницах машинописного текста и состоит из введения, 4-х глав (обзор литературы, описание материала и методов исследования, собственные результаты и их обсуждение), выводов, практических рекомендаций и списка литературы из 157 источников (109 отечественных и 48 зарубежных автора). Работа иллюстрирована 35 рисунками и 59 таблицами.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту

1. Разработанный метод определения распределения нагрузки на поверхность коленного сустава и предложенный для этого программно-аппаратный комплекс являются эффективными для получения новых и репрезентативных анатомо-биомеханических характеристик коленного сустава живого человека.
2. Среди всех вариантов строения суставных поверхностей возможно выделить наиболее типичные формы мыщелков бедренной, большеберцовой костей и менисков, имеющих свои параметрические характеристики.
3. При различных формах нижних конечностей возможно выделить преобладающие варианты строения мыщелков бедренной, большеберцовой костей и менисков.
4. Параметрические характеристики биомеханической нагрузки на мыщелки большеберцовых костей статистически отличаются при различных формах нижних конечностей.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для выявления особенностей индивидуального анатомического строения мягкотканых и костных структур области коленного сустава был проведен анализ данных рентгеновской компьютерной и магнитно-резонансной томографий. Из общего объема исследований на спиральном компьютерном томографе и магнитно-резонансном томографе, который за десять лет работы отдела составил 900000 исследований, были выбраны исследования нижней конечности и, в частности, области коленного сустава архива исследований отдела лучевой диагностики Волгоградского областного клинического кардиологического центра; отделения травматологии и ортопедии (хирургии) Волгоградского областного клинического госпиталя ветеранов войн в период с 2006 по 2013 гг. Объем их составил 571 исследования. Массив DICOM файлов был объединен в единую базу данных. Кроме того, дополнительное обследование было проведено 149 пациенту отделения травматологии и ортопедии (хирургии) Волгоградского областного клинического госпиталя ветеранов войн не имеющих патологии коленного сустава. Обследованные

распределены по возрастным группам, согласно рекомендациям VII Всесоюзной конференции по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии (М., 1965). Распределение обследованных по полу и возрасту показано в таблице 1.

Таблица 1.

Распределение исследованной выборки по полу и возрасту

Пол	Юношеский возраст	Первый период зрелого возраста	Второй период зрелого возраста	Пожилой возраст	Всего
м	92	103	109	65	369
ж	89	98	94	70	351
ИТОГО	181	201	203	135	720

Всем пациентам для выявления индивидуальных анатомических особенностей строения были проведены морфометрические измерения нижних конечностей с использованием миллиметровой линейки и тазомера, в случае исследования результатов компьютерной томографии и МРТ исследование производилось с использованием виртуальных топографо-анатомических сред. Данные морфометрического исследования фиксировались в разработанной нами индивидуальной карте обследования нижних конечностей.

Для дальнейшего компьютерного анализа и виртуальной визуализации морфометрии пациентам проводилось цифровое фотографирование (Cyber-Shot DSC-W5 (Sony), Carl Zeiss Vario-Tessar) с использованием программного пакета Adobe Photoshop®CS Version 8.0 (Adobe). При выполнении цифровой фотографии для четкой визуализации топографо-анатомических ориентиров нижней конечности (лобковый симфиз, верхняя передняя подвздошная ость, большой вертел бедренной кости, медиальный и латеральный надмыщелки бедренной кости, латеральный и медиальный надмыщелки большеберцовой кости, латеральная и медиальная лодыжки) использовались накожные маркеры, фотоаппарат, установленный на штативе, нивелирная площадка, сетчатая разметка с расстояниями между делениями 5 мм.

Для определения величины осевых деформаций нижних конечностей (варусного или вальгусного углов) мы использовали разработанный нами «Способ определения величины коррекции оси нижних конечностей и

устройство для его осуществления» (заявка на изобретение №2007118915/14(020603).

Для определения центра давления во время стояния пациентам проводилось стабилметрическое исследование (Стабилметр МБН). Регистрация и оценка данных стабилметрического исследования проводились с использованием программных пакетов MBN-Biomechanics Version 4.00, Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft).

При выполнении рентгеновской компьютерной томографии исследование проводилось на спиральном компьютерном томографе Somatom plus 4 (Siemens). Исследование пациентам проводили на магнитно-резонансном томографе Magnetom Vision (Siemens) с напряженностью магнитного поля в 1,5 Тесла. Использовались катушка для исследования нижних конечностей.

Анализ полученных данных производился на основной консоли томографа или на рабочей станции Magic View. Он включал построение мультипланарных реконструкций (MPR) в сагиттальной, фронтальной и косых плоскостях. Производилась трехмерная (3D) реконструкция изображений, затененных по поверхности (SSD). Полученные 3D-реконструкции изучались под любым углом зрения. Для оценки результатов исследования, полученных с помощью РКТ и МРТ, нами использовалась программа eFilmLt.

Анализ формы нижних конечностей производился по характерным признакам. Для *прямой формы* ног характерно соприкосновение медиальных поверхностей нижних конечностей на уровне широких частей бедер, медиальных мыщелков бедра и медиальных лодыжек: между осью бедра и осью голени отсутствует угол, их продольные оси находятся на одной прямой. *Вальгусная форма* ног характеризуется полным соприкосновением нижних конечностей на уровне широких частей бедер и медиальных мыщелков бедра: ось бедра не находится на одной прямой с осью голени, а образует во фронтальной плоскости угол, открытый кнаружи. *Варусная форма* характеризуется наличием промежутков между широкими частями бедра, коленными суставами и медиальными лодыжками: ось бедра не находится на одной прямой с осью голени, а образует во фронтальной плоскости угол, открытый кнутри.

Анализ морфологии мыщелков бедренной кости включал в себя продольных размеров медиального и латерального ее мыщелков, их поперечных размеров, а на передней поверхности - их вертикальных размеров. Продольный размер определялся как максимальное расстояние между передней и задней поверхностями мыщелков, поперечный - между их наружной и внутренней боковыми поверхностями. Изучение строения мыщелков большеберцовой кости включало в себя определение их продольного и поперечного размеров. Продольный размер соответствовал максимальному расстоянию между передней и задней поверхностями мыщелков, а поперечный - между наружной и внутренней.

Исследование менисков включало в себя измерение их длины и толщины проекции переднего и заднего рогов. Длина мениска определялась как максимальное расстояние между его внутренней и наружной поверхностью, а толщина - между верхней и нижней.

Статистическая обработка полученных данных проведена с помощью прикладных программ “Statistica-6” и Microsoft Excel в среде Windows XP. Математический анализ полученных параметров состоял из последовательно проводимых статистических методов исследования [Плохинский Н.А., 1970; Георгиевский А.С., 1981; Автандилов Г.Г., 1990; Лакин Г.Ф., 1990]. Определялись следующие вариационно-статистические элементы: M , m , σ , t , p .

Оценка статистической значимости различий между средними величинами проверялась на основе t -критерия Стьюдента: Для проверки рассчитывали t -статистику (t_p) и сравнивали ее с табличным значением (t_t), определяемым с использованием таблицы [Лукьянова Н.Ю., 1999, Урбах В.Ю., 1964].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для решения поставленной цели исследования нами был разработан и построен программно-технический комплекс, способный измерять биомеханические характеристики нижних конечностей.

Общий алгоритм работы комплекса представлен на рисунке 1.



Рисунок 1. Общий алгоритм работы программно-технического комплекса для определения биомеханических характеристик коленного сустава человека.

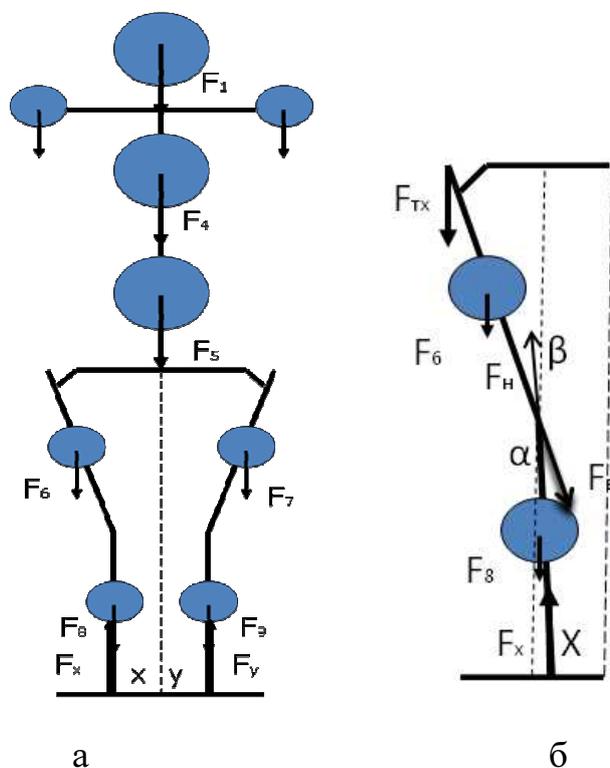


Рисунок 2. Построение распределения нагрузок (а – общее распределение, б – правая конечность).

Определение нагрузки на поверхность коленного сустава использовался статический примитив нагружения (рис. 2). Полученный центр давления используется в разложении общей силы реакции опоры на составляющие F_x и F_y , которые представляют собой силы реакции опоры на стопы. Силы F_x и F_y можно определены как:

$$|\vec{F}_x| = \frac{|\vec{F}_{\text{пол}}|}{X+Y} X \quad |\vec{F}_y| = \frac{|\vec{F}_{\text{пол}}|}{X+Y} Y$$

Для определения результирующей силы действующей на коленный сустав во фронтальной плоскости :

$$|\vec{F}_\sigma| = (|\vec{F}_{\text{мех}}| + |\vec{F}_\sigma|) \cos \beta \quad |\vec{F}_\pi| = (|\vec{F}_x| - |\vec{F}_\sigma|) \cos \alpha$$

F_H и F_B – силы действующие на нижнюю и верхнюю поверхности сустава. Угол α – это угол между перпендикуляром к поверхности опоры и механической осью бедренной кости, а угол β – это угол между перпендикуляром к поверхности опоры и механической осью костей голени.

Площадь поверхностей коленного сустава, передающих нагрузку, вычисляли при анализе 3D моделей коленного сустава, используя метод разбиения поверхности на треугольники и математический аппарат.

Определение распределения контактного давления по поверхности коленного сустава производилось математическим методом. Распределение нагрузки по осям X и Y определяется по следующим формулам.

$$\sigma = F \cos \gamma$$

нормальное давление на поверхность коленного сустава в точке (x_1, y_1)

$$\tau = F \sin \gamma$$

касательное давление на поверхность коленного сустава в точке (x_1, y_1)

$$|\vec{F}_\sigma| = (|\vec{F}_{\text{мех}}| + |\vec{F}_\sigma|) \cos \beta$$

F – контактное давление на поверхности коленного сустава

β - угол, под которым эта сила действует на сустав.

Учитывая, что полость внутри сустава заполнена жидкостью, давление на поверхность определялось по закону Паскаля.

$$F = \frac{|\vec{F}_\sigma|}{S}$$

Нами предложено вычисление следующих новых параметров, характеризующих биомеханические особенности коленного сустава:

-Коэффициент медиально – латерального распределения нагрузки:

$$K_1 = (F_{\text{мед}}/S_{\text{мед}}) / (F_{\text{лат}}/S_{\text{лат}}), \text{ где}$$

$F_{\text{мед}}$ и $F_{\text{лат}}$ – нагрузка на медиальные и латеральные отделы сустава соответственно

$S_{\text{мед}}$ и $S_{\text{лат}}$ – площади передающие нагрузку медиальных и латеральных отделов сустава соответственно

При $K_1 = 1$ сустав нагружен равномерно, при $K_1 < 1$ - перегрузка латеральных отделов, при $K_1 > 1$ перегрузка медиальных отделов.

-Коэффициент уплощения менисков

$$K_2 = (D_0 - D) / D_0 * 100, \text{ где}$$

D_0 – средняя величина толщины соответствующего рога мениска равномерно нагруженного сустава, характерная для юношеского и I периода зрелого возраста

D – фактическая величина толщины рога мениска

при $K_2 \ll 0$ – толщина больше характерной для юношеского и I периода зрелого возраста

при $K_2 \gg 0$ происходит уменьшение толщины

Изучение прижизненных вариантов строения мышечков бедренной (табл. 2) и большеберцовой костей (табл. 3) и менисков коленного сустава (табл. 4, 5) производилось путем морфометрического исследования с использованием данных магнитно-резонансной томографии. Были исследованы морфометрические показатели каждого мышечка, рассчитаны соотношения морфометрических показателей, а также основные морфометрические параметры латерального и медиального менисков у людей разных возрастных групп. Статистически достоверных различий между показателями мышечков правой и левой бедренных и большеберцовых костей, а также контралатеральными соответствующими менисками выявлено не было, данные были объединены.

Таблица 2

Результаты морфометрии мышечков бедренной кости

Параметры	Мужчины			Женщины		
	Min (мм)	Max (мм)	M±m (мм)	Min (мм)	Max (мм)	M±m (мм)
Продольный размер медиального мышечка	51,2	71,5	58,6±1,9	48,2	62,5	55,1±1,6*
Поперечный размер медиального мышечка	21,5	33,9	32,1±1,7	16,5	31,2	26,8±1,8*
Вертикальный размер медиального мышечка	9,4	24,5	17,1±2,8	7,3	21,5	14,3±2,0
Продольный размер латерального мышечка	46,4	62,2	54,1±2,1	43,0	56,2	51,3±1,6*
Поперечный размер латерального мышечка	21,3	38,4	31,8±1,1	19,1	32,8	26,2±1,6*
Вертикальный размер латерального мышечка	12,1	28,9	26,5±1,4	11,0	25,5	25,1 ±0,9

* - различия достоверны (p<0,05).

Таблица 3

Результаты морфометрии мышечков большеберцовой кости

Параметры	Мужчины			Женщины		
	Min (мм)	Max (мм)	M±m (мм)	Min (мм)	Max (мм)	M±m (мм)
Продольный размер медиального мышечка	29,5	49,7	39,8±1,5	31,3	45,2	35,1±1,6*
Поперечный размер медиального мышечка	22,7	33,1	31,3±1,6	26,5	31,2	28,5±1,8*
Продольный размер латерального мышечка	29,4	45,2	39,2±1,9	26,0	37,3	34,3±1,7*
Поперечный размер латерального мышечка	21,4	32,4	28,8±1,1	19,6	31,7	26,4±1,6*
Вертикальный размер межмышечкового возвышения	4,1	9,8	7,2±0,4	3,9	8,9	6,1±0,3

* - различия достоверны (p<0,05).

Таблица 4

Результаты морфометрии медиальных менисков
людей различных возрастных групп.

Параметры (мм)	Пол	Юношеский возраст	I период зрелого возраста	II период зрелого возраста	Пожилой возраст
Длина переднего рога	м	11,9±0,5	12,3±0,3	13,1±0,3	14,6±0,5*
	ж	11,5±0,5	12,0±0,4	12,9±0,3	14,0±0,6*
Толщина переднего рога	м	5,30±0,12	5,10±0,07	5,00±0,10	4,23±0,11*
	ж	5,20±0,09	5,03±0,08	5,03±0,07	4,07±0,09*
Длина заднего рога	м	15,7±0,4	16,2±0,7	16,6±0,4	17,8±0,6*
	ж	15,2±0,3	15,8±0,6	16,1±0,3	16,9±0,5*
Толщина заднего рога	м	7,63±0,15	7,50±0,08	7,37±0,11	6,70±0,14*
	ж	7,60±0,09	7,53±0,12	7,28±0,11	6,63±0,16*

* - различия между показателями менисков достоверны ($p < 0,05$)

Таблица 5

Результаты морфометрии латеральных менисков
людей различных возрастных групп.

Параметры (мм)	Пол	Юношеский возраст	I период зрелого возраста	II период зрелого возраста	Пожилой возраст
Длина переднего рога	м	12,1±0,3	12,3±0,4	12,7±0,3	13,8±0,6*
	ж	11,8±0,4	12,2±0,3	12,5±0,4	13,5±0,5*
Толщина переднего рога	м	5,11±0,17	5,03±0,12	4,90±0,10	4,33±0,13*
	ж	5,10±0,16	4,97±0,09	4,83±0,12	4,36±0,11*
Длина заднего рога	м	15,6±0,5	16,0±0,3	16,4±0,6	17,5±0,4*
	ж	15,1±0,4	15,5±0,4	15,9±0,7	16,9±0,6*
Толщина заднего рога	м	7,13±0,12	7,00±0,13	6,9±0,16	6,16±0,14*
	ж	7,10±0,11	7,03±0,13	6,83±0,09	6,00±0,15*

* - различия между показателями менисков достоверны ($p < 0,05$)

Нами были исследованы прижизненные варианты строения мышцелков бедренной и большеберцовой костей (табл. 6 – 9) и менисков коленного сустава в зависимости от формы свободных нижних конечностей.

Таблица 6

Морфометрические показатели мышцелков бедренной кости мужчин

Параметры	Форма нижних конечностей		
	Вальгусная M±m (мм)	Прямая M±m (мм)	Варусная M±m (мм)
Продольный размер медиального мышцелка	54,3±1,9	57,2±1,7	63,8±1,8*
Поперечный размер медиального мышцелка	26,5±1,6*	31,7±1,6	32,9±1,5
Вертикальный размер медиального мышцелка	20,5±1,6	17,5±2,0	12,4±1,6*
Продольный размер латерального мышцелка	58,1±1,7*	53,9±1,9	50,4±1,8
Поперечный размер латерального мышцелка	33,1±1,1	31,8±0,9	27,3±1,2*
Вертикальный размер латерального мышцелка	16,2±1,4*	25,5±1,5	27,9±1,2

* - различия достоверны (p<0,05).

Таблица 7

Морфометрические показатели мышцелков бедренной кости женщин

Параметры	Форма нижних конечностей		
	Вальгусная M±m (мм)	Прямая M±m (мм)	Варусная M±m (мм)
Продольный размер медиального мышцелка	51,4±1,2	54,5±1,1	59,8±1,3*
Поперечный размер медиального мышцелка	21,6±1,5*	26,8±1,8	29,3±1,2
Вертикальный размер медиального мышцелка	19,2±1,5	14,4±1,3	11,7±1,3*
Продольный размер латерального мышцелка	54,6±1,2*	49,5±1,5	44,3±1,4
Поперечный размер латерального мышцелка	29,3±1,8	25,2±1,2	22,9±1,1*
Вертикальный размер латерального мышцелка	15,3±1,3*	22,2±0,9	24,6±1,3

* - различия достоверны (p<0,05).

Таблица 8

Морфометрические показатели мышцелков большеберцовой кости мужчин

Параметры	Форма нижних конечностей		
	Вальгусная M±m (мм)	Прямая M±m (мм)	Варусная M±m (мм)
Продольный размер медиального мышцелка	32,1±1,5*	38,9±1,2*	45,4±1,4*
Поперечный размер медиального мышцелка	24,7±1,3*	29,9±1,4	31,1±1,2
Продольный размер латерального мышцелка	43,2±1,4*	38,6±1,5*	32,2±1,9*
Поперечный размер латерального мышцелка	30,2±1,2*	27,9±1,1	24,4±1,6
Вертикальный размер межмышцелкового возвышения	5,4±0,6*	7,1±0,4	8,9±0,5

* - различия достоверны (p<0,05).

Таблица 9

Морфометрические показатели мышцелков большеберцовой кости женщин

Параметры	Форма нижних конечностей		
	Вальгусная M±m (мм)	Прямая M±m (мм)	Варусная M±m (мм)
Продольный размер медиального мышцелка	32,4±1,2	34,1±1,4	42,3±1,3*
Поперечный размер медиального мышцелка	27,0±1,3*	28,1±1,5	29,8±1,2
Продольный размер латерального мышцелка	35,9±1,3	33,3±1,4	28,2±1,1*
Поперечный размер латерального мышцелка	30,1±1,5*	25,8±1,3	23,2±1,6
Вертикальный размер межмышцелкового возвышения	5,0±0,4	6,1±0,3	7,2±0,6

* - различия достоверны (p<0,05).

Согласно исследованию Безбородова С.А., 2011 общая площадь поверхностей коленного сустава, передающих нагрузку не имела достоверных отличий, зависящих от возраста, вследствие чего проводилось сравнение зависимости от пола и формы нижних конечностей. Отмечаются достоверные

отличия в величине площади, зависящие от пола. У мужчин площадь коленного сустава была достоверно больше чем у женщин (табл. 10). В целом, при варусной форме нижних конечностей отмечается ее увеличение у мужчин, у женщин данный показатель не имел достоверных отличий.

Таблица 10

Площадь поверхностей передающих нагрузку и коэффициент медиально-латерального распределения нагрузки

Параметры	Пол	Форма нижних конечностей		
		Вальгусная M±m	Прямая M±m	Варусная M±m
Площадь поверхностей передающих нагрузку (см ²)	м	27,29±1,8	28,84±1,6	31,35±1,5*
	ж	23,31±1,7	22,62±1,5	23,42±1,6
Коэффициент медиально-латерального распределения нагрузки	м	0,70±0,024*	1,07±0,091*	1,62±0,037*
	ж	0,74±0,021*	1,15±0,139*	1,81±0,042*

* - различия достоверны (p<0,05)

ВЫВОДЫ

1. Разработанный метод определения распределения нагрузки на поверхности коленного сустава и программно-технический комплекс являются эффективными для изучения ряда анатомо-биомеханических параметров коленного сустава живого человека, позволившие внедрить в клиническую практику новые антропометрические данные, характеризующие особенности этиопатогенетических факторов развития патологии коленных суставов, способствующие наиболее рациональному подходу к выбору тактики лечения и методов профилактики.

2. Выделены наиболее типичные формы мышелков бедренной, большеберцовой костей и менисков. В большинстве случаев медиальный мышелок бедренной кости был длиннее (85,46%) и уже латерального (79,86%), в тоже время вертикальный размер латерального мышелка превалировал (77,41%) над вертикальным размером медиального. Крайне редко встречались медиальные мышелки, которые были короче (5,60%) и шире (7,36%) латеральных. Медиальные мышелки большеберцовой кости, как правило,

длиннее и уже, чем латеральные. Выявлены и другие варианты строения этих анатомических образований, проявляющиеся преобладанием продольных размеров латерального мыщелка над продольными размерами медиального (5,60%), а также равными значениями этих показателей (8,93%). Значения линейных параметров мыщелков бедренной кости увеличиваются в течение юношеского и начала первого периода зрелого возраста, затем происходит стабилизация показателей. Анатомия менисков коленного сустава отличается большим разнообразием вариантов строения, причем в большей степени это относится к латеральному мениску. При этом в большинстве случаев размеры задних рогов менисков превышают размеры передних рогов: по длине в 69,70% случаев, по ширине – в 90,54% для медиального мениска; 66,37% и 76,71% соответственно для латерального мениска. Возрастные изменения в строении менисков проявляются увеличении их длины и уменьшении толщины. Наиболее резкие изменения приходятся на пожилой возраст и в большей степени выражены в медиальном мениске (длина переднего рога увеличивается на 22,68%, длина заднего на 13,37%; толщина переднего рога снижается на 20,18%, толщина заднего – на 12,18%). Статистически значимых половых различий в размерах менисков выявлено не было.

3. При сравнении морфометрических показателей мыщелков бедренной и большеберцовой костей были выявлены статистически достоверные отличия строения, зависящие от формы нижних конечностей как у мужчин, так и у женщин. Продольный размер медиального мыщелка бедренной кости был наибольшим при варусной форме нижних конечностей, поперечный размер медиального мыщелка бедренной кости был наименьшим при вальгусной форме нижних конечностей, вертикальный размер медиального мыщелка бедренной кости был меньше при варусной форме нижних конечностей. Продольный размер латерального мыщелка бедренной кости был больше при вальгусной форме нижних конечностей, поперечный размер латерального мыщелка был меньше при варусной форме нижних конечностей, ввертикальный размер латерального мыщелка бедренной кости был наименьшим при вальгусной форме нижних конечностей. Продольный размер медиального мыщелка большеберцовой кости был наибольшим при варусной

форме нижних конечностей, поперечный размер медиального мыщелка большеберцовой кости был статистически достоверно меньшим при вальгусной форме нижних конечностей. Поперечный размер латерального мыщелка большеберцовой кости был статистически достоверно больше при вальгусной форме нижних конечностей. Вертикальный размер межмыщелкового возвышения был статистически достоверно меньше при вальгусной форме нижних конечностей.

4. С возрастом происходит увеличение длины и уменьшение толщины менисков, зависящие от формы нижних конечностей. При варусной форме нижних конечностей у мужчин и женщин толщина переднего и заднего рогов медиального мениска достоверно уменьшается. В I периоде зрелого возраста толщина переднего рога составляет ($4,76 \pm 0,09$ мм, $4,70 \pm 0,05$ мм), снижаясь к пожилому возрасту до $3,73 \pm 0,11$ мм и $3,65 \pm 0,09$ мм, что достоверно отличается от аналогичного показателя для людей с вальгусной и прямой формой нижних конечностей ($4,33 \pm 0,10$ мм, $4,03 \pm 0,10$ мм и $4,23 \pm 0,12$ мм и $4,06 \pm 0,09$ мм). Для заднего рога она составляет $7,27 \pm 0,05$ мм и $7,23 \pm 0,07$ мм в I периоде зрелого возраста, снижаясь к пожилому возрасту до $6,46 \pm 0,08$ мм и $6,33 \pm 0,08$ мм, что достоверно отличается от аналогичного показателя для людей с вальгусной и прямой формой нижних конечностей ($6,86 \pm 0,08$ мм, $6,81 \pm 0,12$ мм и $6,76 \pm 0,07$ мм, $6,63 \pm 0,10$ мм соответственно).

При вальгусной форме нижних конечностей толщина переднего и заднего рога латерального мениска, начиная с I периода зрелого возраста достоверно уменьшается для переднего рога до $4,80 \pm 0,09$ мм и $4,85 \pm 0,05$ мм, снижаясь к пожилому возрасту до $4,13 \pm 0,07$ мм и $4,13 \pm 0,08$ мм, что достоверно отличается от аналогичного показателя для людей с прямой и варусной формой нижних конечностей ($4,33 \pm 0,09$ мм, $4,37 \pm 0,09$ мм и $4,40 \pm 0,11$ мм $4,43 \pm 0,11$ соответственно); для заднего рога она достоверно уменьшается до $6,76 \pm 0,05$ мм и $6,73 \pm 0,11$ мм, снижаясь к пожилому возрасту до $5,43 \pm 0,07$ мм и $5,33 \pm 0,12$ мм, что достоверно отличается от аналогичного показателя для людей с прямой и варусной формой нижних конечностей ($6,16 \pm 0,09$ мм, $6,14 \pm 0,13$ мм и $6,26 \pm 0,08$ мм, $6,17 \pm 0,13$ мм соответственно).

5. При варусной форме нижних конечностей максимальная нагрузка выявляется в медиальных отделах суставных поверхностей коленного сустава (коэффициент медиально-латерального распределения нагрузки $1,62 \pm 0,037$ и $1,81 \pm 0,042$), способствуя с течением времени уплощению медиального мениска (коэффициент уплощения от $14,53 \pm 2,74$ до $28,33 \pm 3,87$). При вальгусной форме нижних конечностей максимальная нагрузка выявляется в латеральных отделах суставных поверхностей коленного сустава (коэффициент медиально-латерального распределения нагрузки $0,70 \pm 0,024$ и $0,74 \pm 0,021$), способствуя с течением времени уплощению латерального мениска (коэффициент уплощения в пределах $17,45 \pm 2,28$ - $17,92 \pm 2,45$). В пожилом возрасте происходит достоверное увеличение общей нагрузки на коленный сустав с $320,3 \pm 12,3$ Н до $369,4 \pm 12,4$ Н у мужчин и с $262,6 \pm 9,8$ Н до $350,8 \pm 13,9$ Н у женщин, что наряду с неравномерным распределением нагрузки на поверхности коленного сустава, являются одним из анатомических факторов риска развития гонартроза.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Разработанный программно-аппаратный комплекс определения распределения нагрузки на коленный сустав целесообразно использовать для определения зоны неравномерного нагружения суставных поверхностей при различных формах нижних конечностей. Полученные при этом цифровые параметры возможно использовать для индивидуализированного подхода к построению прогноза развития гонартроза.

Разработанный программно-аппаратный комплекс целесообразно использовать при выборе комплекса лечебных и профилактических мероприятий при коррекции осевых деформаций нижних конечностей.

Для профилактики развития патологий, связанных с неравномерным распределением нагрузки и возрастными анатомическими изменениями суставных поверхностей коленного сустава при той или иной форме нижних конечностей рекомендовано специализированное ортопедическое пособие консервативного или оперативного характера.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Колмаков, А.А. Методика определения индивидуального распределения нагрузки на коленный сустав / А.А. Воробьев, Ю.П. Муха, А.А. Колмаков

- и др. // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. – 2007. - Вып. № 2 (21). - С. 34-36.
2. Колмаков, А.А. Возможности новых информационных технологий в клинической анатомии / А.А. Воробьев, С.В. Поройский, А.А. Колмаков и др. // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. - 2007. - № 3-4. - С. 37-38.
3. Колмаков, А.А. Методика определения индивидуального распределения нагрузки на коленный сустав / А.А. Воробьев, Ю.П. Муха, А.А. Колмаков и др. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2008. - № 4. - С. 54-59.
4. Колмаков, А.А. Методика определения распределения нагрузки в коленном суставе / А.А. Воробьев, Ю.П. Муха, А.А. Колмаков и др. // Морфология. -2009. - Т.136. - № 4. - С.33.
5. Колмаков, А.А. Новые анатомо-функциональные характеристики нижних конечностей человека / А.А. Воробьев, А.А. Колмаков, С.А. Безбородов и др. // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. - 2013. - № 2 (46). - С. 20-24.
6. Колмаков, А.А. Новый подход к определению нагрузок на коленный сустав / А.А. Колмаков, С.А.Безбородов // Бюллетень Волгоградского научного центра Российской академии медицинских наук и Администрации Волгоградской области – 2007. - № 3. - С. 51.
7. Колмаков, А.А. Перспективы применения рентгеновской компьютерной и магнитнорезонансной томографий для изучения анатомии коленного сустава / А.А. Воробьев, А.С. Баринов А.А. Колмаков и др. // Внедрение инновационных технологий в хирургическую практику. – Пермь. – 2007. - С. 63-65.
8. Колмаков, А.А. Метод определения нагрузки на коленный сустав / А.А. Воробьев, А.С. Баринов, А.А. Колмаков и др. // Сборник научных трудов «Современная инновационная медицина – населению Волгоградской области». – Волгоград. – 2008. - с. 186 – 188.
9. Колмаков, А.А. Методика определения индивидуального распределения нагрузки на коленный сустав / А.А. Воробьев, Ю.П. Муха, А.А. Колмаков и др. // Бюллетень Волгоградского научного центра Российской академии медицинских наук и Администрации Волгоградской области. – 2008. - № 3. - С. 22-24.
10. Колмаков, А.А. Метод определения индивидуального распределения нагрузок на коленный сустав / А.А. Колмаков, С.А.Безбородов, А.А.Воробьев и

др. // Материалы II Всероссийской конференции с международным участием «Новые информационные технологии в медицине». - Волгоград. – 2008, с. 34-37.

11. Колмаков, А.А. Анатомическое обоснование метода определения нагрузки на коленный сустав / А.А. Воробьев, Ю.П. Муха, А.А. Колмаков и др. // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы морфологии». - Гродно – 2008. - С. 28-29.

12. Колмаков, А.А. Анатомическое обоснование определения распределения нагрузки на коленный сустав / А.А. Воробьев, Ю.П. Муха, А.А. Колмаков и др. // Сборник трудов 8-ого Международного симпозиума по клинической анатомии. - Варна – 2008. – Т. 40. - С. 38.

13. Колмаков, А.А. Метод расчета поверхности коленного сустава / Ю.П. Муха, А.А. Воробьев, А.А. Колмаков и др. // Бюллетень Волгоградского научного центра Российской академии медицинских наук и Администрации Волгоградской области. - 2009. - № 1. - С. 54-57.

14. Колмаков, А.А. Разработка методики построения модели осевых нагрузок на коленный сустав / Ю.П. Муха, А.А. Воробьев, А.А. Колмаков и др. // «Информационные технологии в образовании, технике и медицине»: матер. междунар. конф., 21-24 сент. 2009 / ВолгГТУ [и др.]. - Волгоград, 2009. - С. 124- 130.

15. Kolmakov, A.A. The ground in determining load distribution on knee-joint / A.A. Vorobyov, J.P. Mukha, A.A. Kolmakov et al. // European Journal of Natural History. - 2009. - № 3. - С. 63.

16. Колмаков, А.А. Новые возможности в определении биомеханических оценок коленных суставов / А.А. Воробьев, Ю.П. Муха, А.А. Колмаков и др. // Вестник Винницкого национального медицинского университета. – 2010. -№14. – С. 178-181.

17. Колмаков, А.А. Новые анатомо-функциональные характеристики нижних конечностей человека / А.А. Воробьев, А.А. Колмаков, С.А. Безбородов и др. // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2013. - №2. – Т. 2. – С. 24-30.

Колмаков Александр Александрович

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРИЖИЗНЕННЫХ АНАТОМИЧЕСКИХ
И БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕННЫХ СУСТАВОВ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ.

14.03.01 – анатомия человека

*Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук*

Подписано в печать 12.11.2013.
Формат 60x84/16. Тираж 100 экз.
Бумага офс. Уч.-печ. л. 1,0. Заказ №. 260.

Волгоградский государственный медицинский университет.
400131, Волгоград, пл. Павших борцов, 1.
Издательство ВолГМУ.
400006, Волгоград, ул. Дзержинского, 45.