

НОВЫЕ АНАТОМО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА

**А. А. Воробьев, А. А. Колмаков, С. А. Безбородов, А. С. Баринов,
П. С. Царьков, А. Ц. Алборов**

*Волгоградский государственный медицинский университет,
кафедра оперативной хирургии и топографической анатомии,
кафедра биотехнических систем и технологий, Волгоградский медицинский научный центр*

Получены новые данные по прижизненной структурно-функциональной анатомической организации коленных суставов человека с использованием компьютерной, магниторезонансной томографий и разработанного метода определения биомеханических нагрузок для выявления влияния различных вариантов осей нижней конечности на анато-био-механические показатели коленных суставов.

Ключевые слова: коленный сустав, биомеханические характеристики, анатомические характеристики, осевые деформации нижних конечностей.

NEW ANATOMIC AND FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF LOWER LIMBS IN HUMANS

A. A. Vorobyev, A. A. Kolmakov, S. A. Bezborodov, A. S. Barinov, P. S. Tsarkov, A. C. Alborov

The authors present new data on the vital structural and functional anatomical organization of human knee joints using CT, magnetic resonance imaging and an original method for determining the biomechanical load to reveal the effect of different axes of the lower extremity on the anatomic and biomechanical parameters of the knee.

Key words: knee, biomechanical characteristics, anatomic characteristics, axial deformation of the lower extremities.

Начало XXI в. характеризуется увеличением количества заболеваний опорно-двигательного аппарата. Патология нижних конечностей является одной из наиболее частых причин обращаемости за медицинской помощью. Определение основных закономерностей и изменчивости в отношении частей тела человека имеет большое значение для медицины вообще и для ортопедической косметологии в частности, так как позволяет определить оптимальные показатели для хирургической коррекции измененных пропорций человека [1, 2].

Артроз коленных суставов занимает одно из ведущих место среди патологий опорно-двигательного аппарата. Практически каждый человек в возрасте 45—50 лет в той или иной степени страдает от каких-либо проявлений развивающегося или уже развившегося гонартроза [8].

Одним из ключевых факторов в развитии этой патологии является неравномерное распределение нагрузки на коленный сустав. В связи с этим биомеханическое распределение нагрузок в коленном суставе и его взаимосвязь с анатомическими особенностями — один из актуальнейших вопросов ортопедии, решение которого позволило бы по-новому рассматривать проблемы хирургической коррекции осевых деформаций нижних конечностей, осуществлять индивидуализированный подход к эндопротезированию коленного сустава, подбору ортопедической обуви, стелек. В литературе имеются данные по биомеханике коленных суставов, построены трехмерные модели суставов, но эти данные основаны на усредненных параметрах, нет четкой физико-математичес-

кой модели нагружения коленного сустава, что не позволяет осуществлять персонафицированный подход к диагностике и выбору метода лечения патологии коленного сустава, связанных с нарушением распределения нагрузок в нем.

Отсутствие работ по моделированию нагрузочных процессов, которые давали бы возможность оценивать анато-био-механические характеристики коленных суставов в зависимости от осей нижних конечностей, а, следовательно, вырабатывать оптимальные лечебную тактику и меры профилактики, диктует необходимость настоящего исследования.

Исследованию взаимозависимости анатомических параметров и биомеханических характеристик коленных суставов в литературе достаточное внимание до настоящего времени не уделялось. Это позволяет считать, что исследование влияния различных вариантов осей нижней конечности на анато-био-механические показатели коленных суставов является актуальной задачей, решение которой имеет как теоретическое, так и практическое значение.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить новые данные по прижизненной структурно-функциональной анатомической организации коленных суставов человека с использованием рентгеновской компьютерной и магниторезонансной томографий (РКТ, МРТ) и разработанного метода определения биомеханических нагрузок для выявления влияния различных вариантов осей нижней конечности на анато-био-механические показатели коленных суставов.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа выполнена на базе лаборатории моделирования патологии отдела экспериментальной хирургии Волгоградского медицинского научного центра, кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии Волгоградского государственного медицинского университета, архива исследований отдела лучевой диагностики Волгоградского областного клинического кардиологического центра, отделения травматологии и ортопедии Волгоградского областного клинического госпиталя ветеранов войн.

В связи с проведением в ходе выполнения исследования огромного количества сложных физико-математических расчетов работа проводилась совместно с: кафедрой биотехнических систем и технологий ВолГМУ; кафедрой вычислительной техники Волгоградского государственного технического университета в рамках договора о научном сотрудничестве.

Для выявления особенностей индивидуального анатомического строения мягкотканых и костных структур области коленного сустава был проведен анализ данных РКТ и МРТ. Из общего объема исследований на спиральном компьютерном томографе и магниторезонансном томографе, который за десять лет работы отдела составил 60000 исследований, были выбраны исследования нижней конечности и, в частности, области коленного сустава. Объем их составил 272 исследования, что составляет 0,5 % от общего объема проведенных исследований.

Применение нескольких методов медицинской визуализации позволило нам провести объемное исследование с использованием тонких и перекрывающихся между собой срезов.

Всем пациентам вне зависимости от вида патологии для выявления индивидуальных анатомических особенностей строения были проведены морфометрические измерения нижних конечностей с использованием миллиметровой линейки и тазомера.

Для дальнейшего компьютерного анализа и виртуальной визуализации морфометрии пациентам проводилось цифровое фотографирование. 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 кожные маркеры (рис. 1) [7, 10].

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 №2007118915/14(020603) от 21.05.2007).

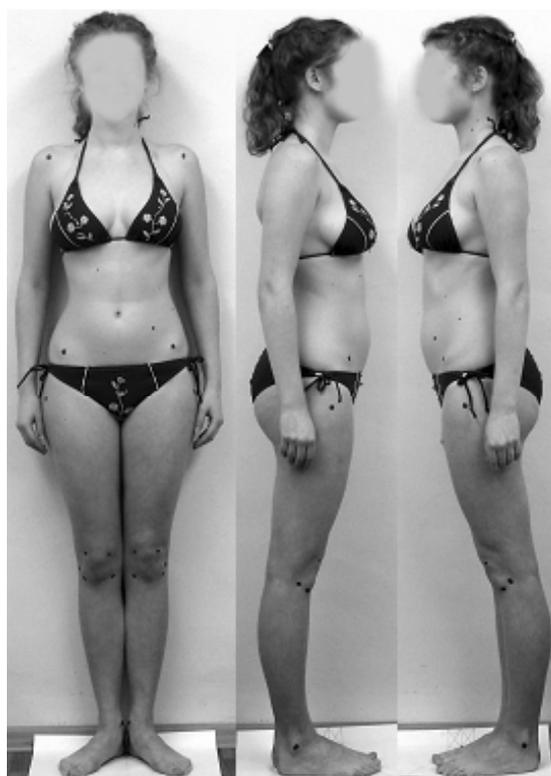


Рис. 1. Цифровое фотографирование с использованием кожных маркеров

Для определения центра давления во время стояния пациентам проводилось стабилметрическое исследование (тест Ромберга) (рис. 2). Для выполнения данного исследования использовался МБН Стабилометр (научно-медицинская фирма МБН), оснащенный программным пакетом MBN-Biomechanics Version 4.00.



Рис. 2. Стабилметрическое исследование

С целью диагностики патологии стоп (продольного и поперечного плоскостопия), а также проведения

измерения относительного укорочения (удлинения) нижней конечности и определения угла ротации стоп был разработан «Двухсторонний гидравлический плантограф с расширенными функциями» (оформлена заявка на «Полезную модель»).

Предлагаемое устройство содержит станину с размещенными на ней сканирующими устройствами, отличающимися тем, что сканирующие устройства соединены со станиной и между собой гидравлической системой, состоящей из соединительных трубок, поршней, цилиндров и трехходового крана, а также к станине крепится фиксирующая стойка и антропометрические устройства (линейка и указатели).

Получаемый при этом технический результат заключается в возможности производить планшетную плантографию одновременно на двух конечностях. При этом выполнение плантографии возможно как в положении сидя, так и в положении стоя при полной или частичной нагрузке на нижние конечности.

При выполнении плантографии возможно избирательно регулировать нагрузку на нижние конечности в зависимости от показаний. Кроме того устройство позволяет производить измерение относительного укорочения (удлинения) конечности и углы ротации стоп, фиксированное положение тела и одновременность выполнения исследования для обеих конечностей позволяют более точно фиксировать изменения статической функции стопы.

Рентгеновская компьютерная томография проводилась на спиральном компьютерном томографе Somatom plus 4 (Siemens). Исследование начинали с топограммы (обзорной цифровой рентгенограммы) нижней конечности (рис. 3). Получаемое изображение фиксировалось на магнитно-оптических дисках. Томограммы анализировались [4].



Рис. 3. Обзорная цифровая рентгенограмма нижних конечностей (топограмма)

Магниторезонансная томография проводилась на магниторезонансном томографе Magnetom Vision (Siemens) с напряженностью магнитного поля в 1,5 Тесла. Анализ полученных данных производился на основной консоли томографа или на рабочей станции Magic View [3, 4].

Для оценки результатов исследования, полученных с помощью РКТ и МРТ, нами использовалась программа eFilmLt (рис. 4).



Рис. 4. Интерфейс программного пакета eFilmLt

Все полученные данные исследований были занесены в компьютерный информационный архив и обработаны программой Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft). Составленный архив и программная автоматическая обработка полученных результатов позволили сопоставить данные по различным критериям и использовать полученные параметры в статистическом анализе.

Для дальнейшей оценки полученных данных, совместно с кафедрой биотехнических систем и технологий ВолГМУ и кафедрой вычислительной техники ВолГТУ, был разработан программно-технический ком-

плекс для биомеханической оценки нагрузки на коленный сустав человека [5, 6]. При работе с комплексом необходимо получение входных характеристик с помощью описанных выше методов и занесение их в определенные графы таблицы программного комплекса. Обработка входных данных производится при помощи алгоритмов, разработанных в процессе проектирования программно-технического комплекса на ЭВМ. После нажатия клавиши «ввод данных» отображаются искомые биомеханические характеристики. Интерфейс программного пакета представлен на рис. 5. Выходные характеристики отображаются в трех полях данного интерфейса.

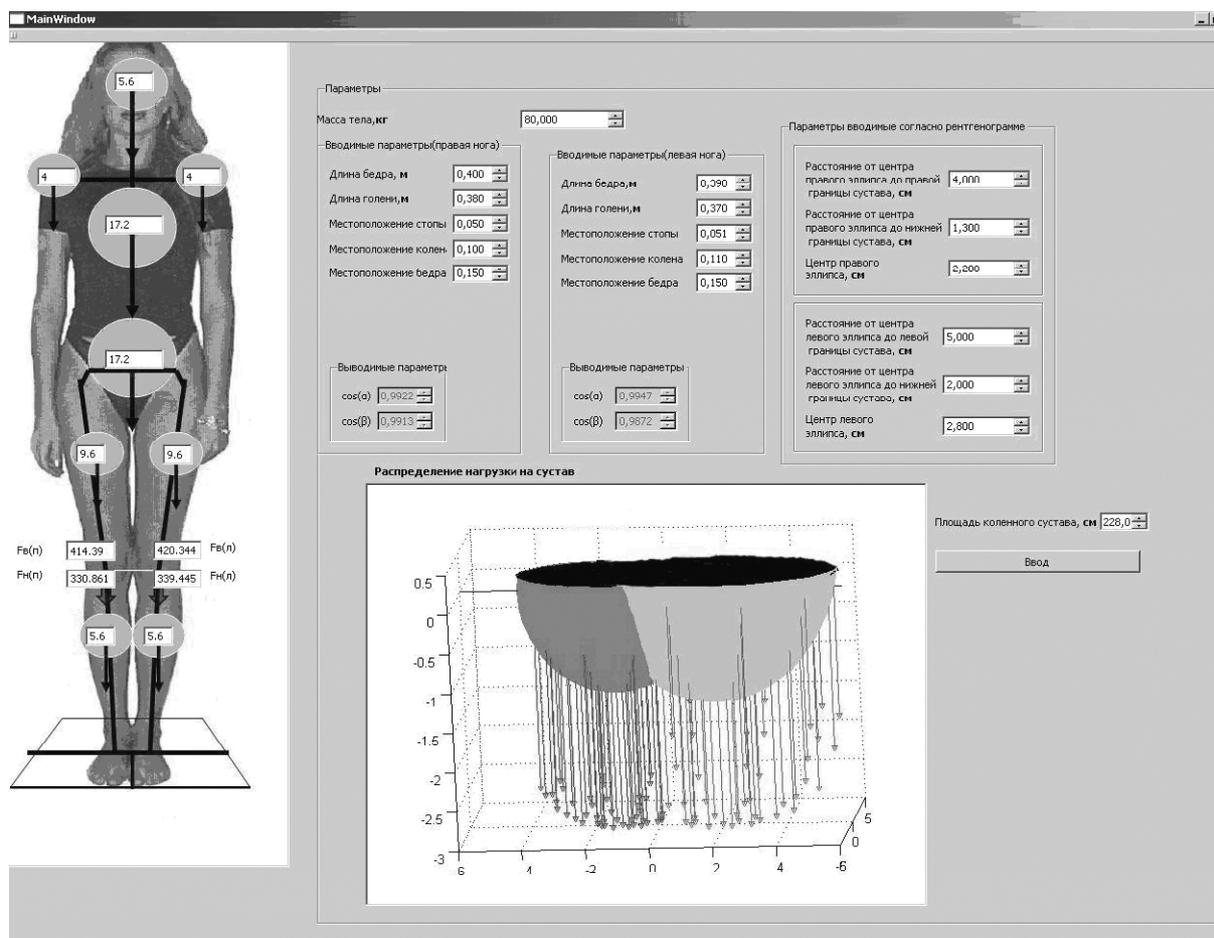


Рис. 5. Рабочее поле программного пакета комплекса для биомеханической оценки нагрузки на коленный сустав человека

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработанный метод определения распределения нагрузки на поверхности коленного сустава является эффективным методом изучения ряда анатомо-биомеханических параметров коленного сустава живого человека, позволивший внедрить в клиническую практику новые антропометрические данные, характеризующие особенности этиопатогенетических факторов развития патологий коленных суставов, способствующих наиболее рациональному подходу к выбору тактики лечения и методов профилактики.

2. Выполненные анализ и оценка анатомических особенностей осей нижних конечностей человека в основных половозрастных группах с распределением в зависимости от вида оси позволяют получить целый ряд анатомических параметров нижней конечности и, в частности, коленного сустава, внедрить в исследования живого человека новые антропометрические данные, использовать полученные данные по индивидуальному строению нижних конечностей в клинической практике, в частности, в ортопедии.

3. Данная анатомо-биомеханическая характеристика коленного сустава у групп людей с различными осями нижних конечностей имеет большое значение для исследования этиопатогенеза и разработки возможных методов профилактики гонартроза, может быть использована как при виртуальной, так и при классической антропометрии, а также имеет прикладное значение для ортопедии, спортивной медицины.

4. На основе разработанного метода создана электронная база данных прижизненных анатомических и биомеханических характеристик коленных суставов (длина бедра, длина голени, общая нагрузка на коленный сустав, площадь поверхности коленного сустава, распределение нагрузки по поверхности коленного сустава), позволяющая быстро провести анализ и оценку материала по половому и возрастному признакам. Постоянно пополняемая база может быть использована как в научных, так и в клинических целях.

5. При варусной осевой деформации нижних конечностей большая нагрузка в 98 % случаях оказывается на медиальные отделы суставных поверхностей, при вальгусной же деформации — страдают латеральные отделы (97,5 % случаев). Выявлены группы лиц с неравномерным распределением нагрузки на поверхности коленного сустава, являющейся одним из факторов развития и прогрессирования гонартроза.

6. Разработанный способ и устройство для его осуществления позволяют осуществлять синхронную плантографию с учетом равной (гидравлической) нагрузки на обе стопы, что повышает репрезентативность полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баринов А. С., Воробьев А. А., Баринова Е. А.* // Морфология. — 2009. — № 4.
2. *Баринов А. С., Воробьев А. А., Зайцев С. С., Царьков П. С.* // Современные технологии в медицине. — 2010. — № 4.
3. *Бурулев А. Л., Березин С. М., Зейдлиц В. Н., Лысенков В. А., Куплевацкий В. И. и др.* Методики исследования суставов на МР-томографе «Magnetom Vision» 1.5 Т // Матер. II межд. конгр. Невский радиологический форум. — 2005. «Наука — клинике». — СПб., 2005.
4. *Воробьев А. А., Камаев А. В., Петрухин Е. И. и др.* // Вестник ВолгГМУ. — 2005. — № 3 (15).
5. *Воробьев А. А., Муха Ю. П., Баринов А. С. и др.* Методика определения индивидуального распределения нагрузки на коленный сустав // Биомедицинская радиоэлектроника. — 2008. — № 4.
6. *Воробьев А. А., Муха Ю. П., Безбородов С. А. и др.* // Морфология. — 2009. — № 4.
7. *Воробьев А. А., Поройский С. В., Егин М. Е. и др.* // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. — 2007. — № 3—4.
8. *Макушин В. Д., Чегуров О. К.* // Гений ортопедии. — 2005. — № 2.
9. *Перепелкин А. И., Мандриков В. Б., Краюшкин А. И., Пикалов А. С.* // Вестник новых медицинских технологий. — 2012. — № 2.
10. *Симбирцев С. А., Лойт А. А., Трунин Е. М. и др.* // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. — 2003. — № 3.

Контактная информация

Царьков Павел Сергеевич — аспирант кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии, Волгоградский государственный медицинский университет, e-mail: p.tsarkov@mail.ru