

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ АНАТОМО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА

Колмаков А.А.¹, Безбородов С.А.¹, Баринов А.С.², Чеканин И.М.¹, Поздняков А.М.¹, Алборов А.Ц.²

¹ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, Волгоград, e-mail: kolmakov_alex241@mail.ru;

²ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр», Волгоград

Определены возможности применения новых анатомо-функциональных характеристик нижних конечностей с использованием компьютерной, магнитно-резонансной томографий и разработанного метода определения биомеханических нагрузок для обоснования влияния различных вариантов осей нижней конечности на анатомо-биомеханические показатели коленных суставов. Разработанный метод определения распределения нагрузки на поверхности коленного сустава является эффективным способом изучения ряда анатомо-биомеханических параметров коленного сустава живого человека, позволившим внедрить в клиническую практику новые антропометрические данные, характеризующие особенности этиопатогенетических факторов развития патологий коленных суставов, способствующие наиболее рациональному подходу к выбору тактики лечения и методов профилактики. Предложенная 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.

Ключевые слова: коленный сустав, анатомо-функциональные характеристики, распределение нагрузки, биомеханические характеристики, осевые деформации нижних конечностей.

RATIONALE FOR THE POSSIBILITY OF ADDITIONAL ANATOMICAL AND FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF THE LOWER LIMBS OF MAN

Kolmakov A.A.¹, Bezborodov S.A.¹, Barinov A.S.², Chekanin I.M.¹, Pozdnyakov A.M.¹, Alborov A.C.²

¹Volgograd State Medical University, Volgograd, e-mail: kolmakov_alex241@mail.ru;

²Volgograd Medical Research Center, Volgograd

Possibilities of application of new anatomical and functional characteristics of the lower limbs using a computer, magnetic resonance imaging and methods for determining the biomechanical loads to substantiate the impact of various options for the axes of the lower limb on the anatomical and biomechanical performance of the knee. A method for determining the distribution of the load on the knee joint is an effective method of studying a number of anatomical and biomechanical parameters of the knee joint of a living person, will introduce into clinical practice new anthropometric data describing the features of etiopathogenic factors in the development of pathologies of the knee, promoting the most rational approach to the choice of treatment strategy and methods of prevention. Asking anatomical and biomechanical characteristics of the knee joint in groups of people with different axes of the lower extremities is of great importance for the study of etiopathogenesis and development of possible methods of prevention of arthrosis of the knee joint can be used both in the virtual and the classical anthropometry, and also has practical significance for orthopedics, sports medicine.

Keywords: knee, anatomic and functional features, load balancing, biomechanical characteristics, the axial deformation of the lower extremities.

На сегодняшний день среди заболеваний опорно-двигательного аппарата одно из ведущих мест по обращаемости за медицинской помощью занимают патологии нижних конечностей. Для диагностики и рационального, эффективного лечения различных травматологических и ортопедических заболеваний определение основных закономерностей и изменчивости в отношении частей тела человека, особенно нижних конечностей, имеет

большое значение, так как позволяет определить оптимальные показания хирургической коррекции измененных пропорций человека [1; 2].

Артроз коленных суставов занимает одно из лидирующих мест 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 [3].

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 [5; 9], но эти данные основаны на усредненных параметрах, нет четкой физико-математической модели нагружения коленного сустава, что не позволяет осуществлять персонализированного подхода к диагностике и выбору метода лечения патологий коленного сустава, связанных с нарушением распределения нагрузок в нем [10].

В последних работах волгоградских ученых выполнен ряд оригинальных исследований по определению распределения нагрузок в коленном суставе [4; 7; 8], однако для ее воспроизводства, выбора и осуществления методов индивидуальной коррекции необходимо использование новых анатомо-функциональных параметров нижних конечностей.

Построение индивидуальных моделей нагрузочных процессов коленных суставов давало бы возможность оценивать анатомо-биомеханические 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 достаточного внимания до настоящего времени не уделялось. Это позволяет считать, что исследование влияния различных вариантов осей нижней конечности на анатомо-биомеханические показатели коленных суставов с использованием современных неинвазивных методов исследования является актуальной задачей, решение которой имеет не только теоретическое, но и важнейшее практическое значение [4].

Цель исследования: определить новые анатомо-функциональные характеристики нижних конечностей с использованием компьютерной, магнитно-резонансной томографий и разработанного метода определения биомеханических нагрузок для выявления влияния различных вариантов осей нижней конечности на анатомо-биомеханические параметры коленных суставов.

Материалы и методы 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, АО «Да Винчи» (г. Волгоград).

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 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 60 000 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 надмышечки бедренной кости, латеральный и

медиальный надмыщелки большеберцовой кости, латеральная и медиальная лодыжки) использовались накожные маркеры (рис. 1) [7; 8].

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 накожных маркеров

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



Рис. 2. Стабилометрическое 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) [6].

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 [9].



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

Магнитно-резонансная томография проводилась на магнитно-резонансном 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.

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

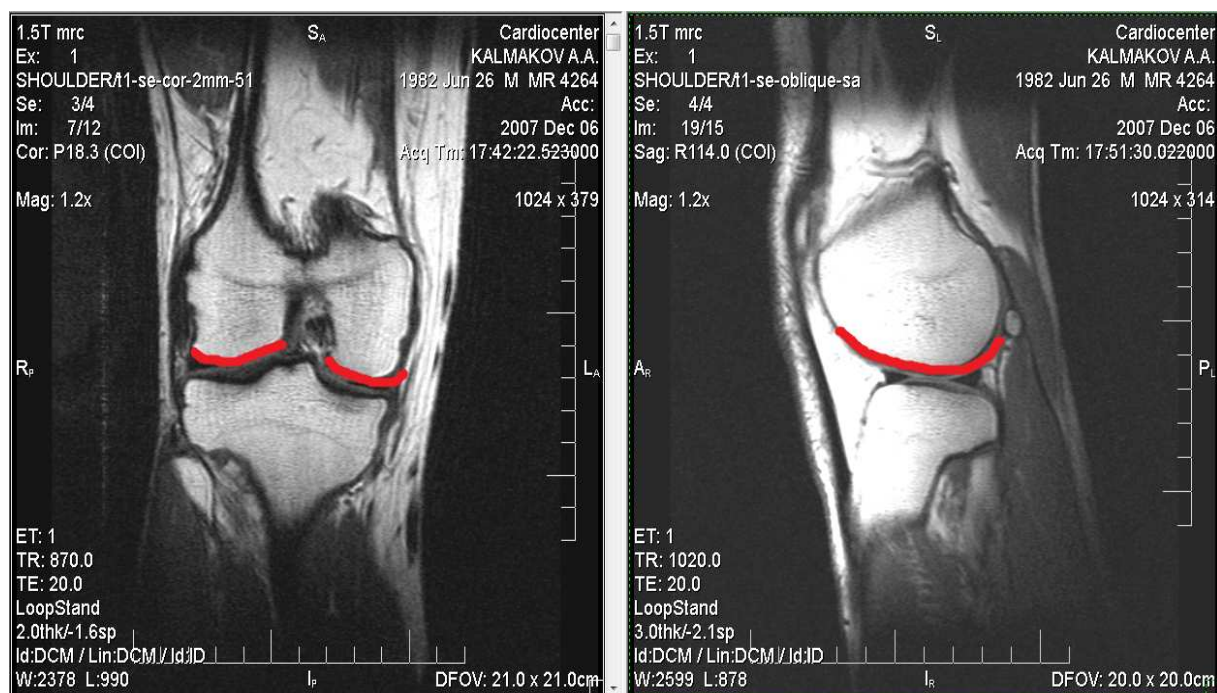


Рис. 4. Интерфейс программного пакета eFilmLt

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 битехнических систем и технологий ВолгГМУ и кафедрой вычислительной техники ВолгГТУ был разработан программно-технический комплекс для биомеханической оценки нагрузки на коленный сустав человека [8]. 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 рисунке 5. Выходные характеристики отображаются в трех полях данного интерфейса.

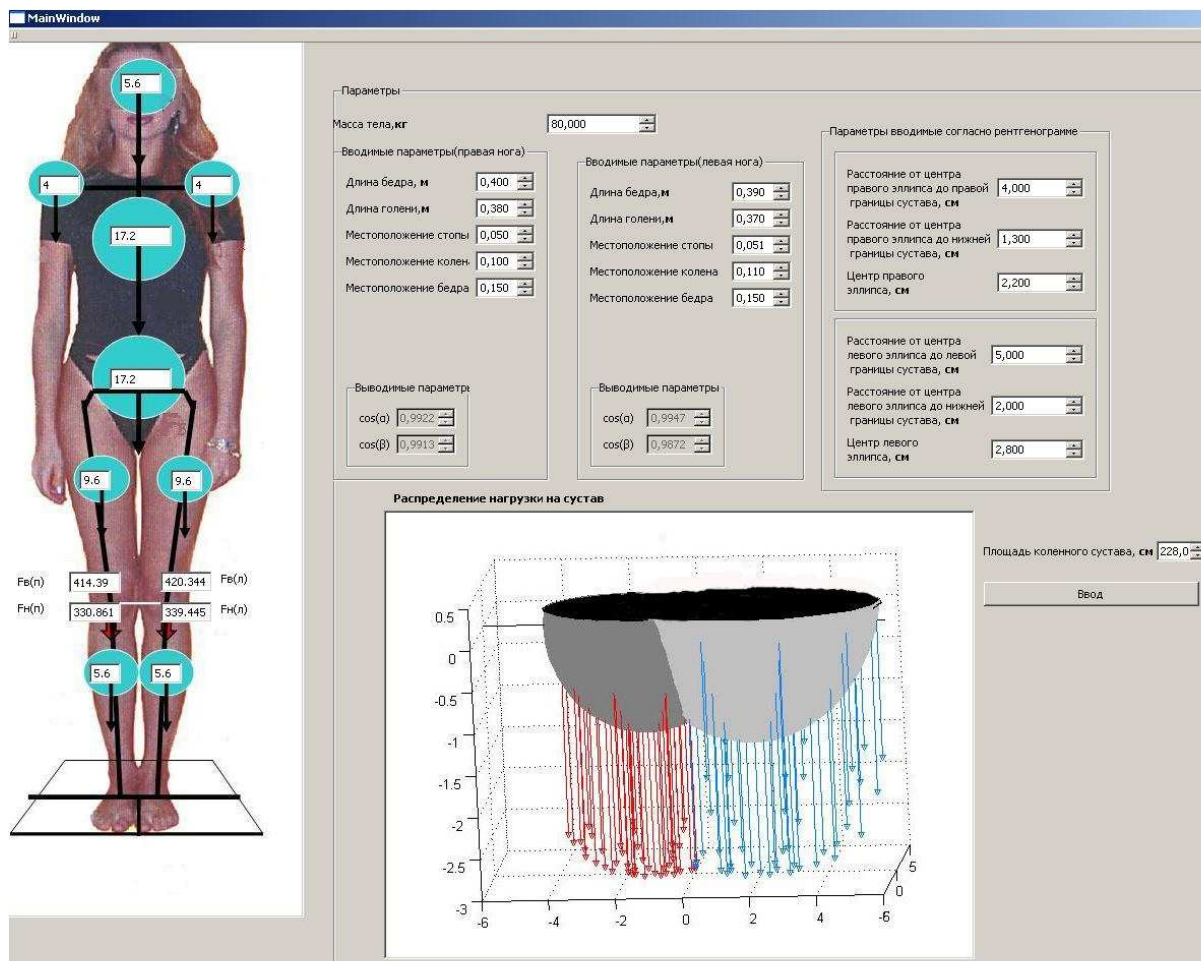


Рис. 5. Рабочее поле программного пакета комплекса для биомеханической оценки нагрузки на коленный сустав человека

Выводы

1. Разработанный метод определения распределения нагрузки на поверхности коленного сустава является эффективным способом изучения ряда анатомо-биомеханических параметров коленного сустава живого человека, позволившим внедрить в клиническую практику новые антропометрические данные, характеризующие особенности этиопатогенетических факторов развития патологий коленных суставов, способствующие 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. Полученные данные являются практически важными для обоснования методов хирургической коррекции осей нижних конечностей и при назначении специальных методов медицинской реабилитации и лечебной физкультуры.

Список литературы

1. Баринов А.С., Воробьев А.А., Барина Е.А. Рост современного человека – антропометрическое исследование // Морфология. – 2009. – № 4. – С. 37-42.
2. Баринов А.С., Воробьев А.А., Зайцев С.С., Царьков П.С. Косметические аспекты оперативной коррекции диспластических варусных деформаций нижних конечностей // Современные технологии в медицине. – 2010. – № 4. – С. 25.
3. Баринов А.С., Воробьев А.А., Шатов В.В. Диспластическая деформация коленных суставов // Инновационные достижения фундаментальных и прикладных медицинских исследований в развитии здравоохранения Волгоградской области : сборник научных трудов 56-й Региональной научно-практической конференции профессорско-преподавательского коллектива Волгоградского государственного медицинского университета. – 2009. – С. 305-308.
4. Воробьев А.А., Баринов А.С., Царьков П.С., Колмаков А.А., Алборов А.Ц. Анатомо-функциональная характеристика нижних конечностей человека в свете новых информационных технологий // Оренбургский медицинский вестник. – 2013. – № 4. – С. 23-29.
5. Воробьев А.А., Камаев А.В., Петрухин Е.И., Егин Е.И., Поройский С.В., Баринов А.С., Егин М.Е., Крайнев А.В., Андриющенко Ф.А. Интеллектуализация процедур диагностики с использованием рентгеновской компьютерной и магнитно-резонансной томографии на основе синтеза и анализа виртуальных топографо-анатомических сред // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2005. – № 3 (15). – С. 31-34.
6. Воробьев А.А., Колмаков А.А., Безбородов С.А., Баринов А.С., Царьков П.С., Алборов А.Ц. Новые анатомо-функциональные характеристики нижних конечностей человека // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2013. – № 2 (46). – С. 20-24.
7. Воробьев А.А., Муха Ю.П., Баранов А.С., Безбородов С.А., Колмаков А.А., Егин М.Е. Методика определения индивидуального распределения нагрузки на коленный сустав // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2008. – № 4. – С. 54-59.
8. Воробьев А.А., Муха Ю.П., Безбородов С.А., Колмаков А.А., Баринов А.С. Методика определения распределения нагрузки в коленном суставе // Морфология. – 2009. – Т. 136. - № 4. – С. 33.
9. Воробьев А.А., Поройский С.В., Егин М.Е., Колмаков А.А., Безбородов С.А. Возможности новых информационных технологий в клинической анатомии // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. – 2007. – № 3-4. – С. 37-38.

10. Воробьев А.А., Царьков П.С., Баринов А.С., Зайцев С.С., Алборов А.Ц. Анатомическая характеристика диспластического варусного синдрома нижних конечностей // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2013. – Т. 2, № 2. – С. 60-62.

Рецензенты:

Коневский А.Г., д.м.н., профессор, профессор кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии, ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Волгоград.

Маланин Д.А., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и ВПХ с курсом травматологии и ортопедии ФУВ, ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Волгоград.