

ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ СТАТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ПЕРЕДНЕГО ОТДЕЛА СТОПЫ

Косарева М.А.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», Иркутск, e-mail: iscst@mail.ru

Целью данного исследования явился анализ научной литературы, посвященной анатомо-функциональным особенностям стопы, развитию и диагностике статических деформаций переднего отдела стопы. Автором были проанализированы базы данных eLIBRARY, Google Scholar, PubMed и изучены 50 научных литературных источников за период с 1958 по 2023 гг. На основе анализа отечественных и зарубежных научных публикаций сделаны выводы о методах диагностики статических деформаций переднего отдела стопы. В статье представлены наиболее часто встречающиеся виды статических деформаций переднего отдела стопы, проведен анализ известных методов диагностики статических деформаций переднего отдела стопы с описанием их недостатков и преимуществ. Данная статья представляет собой обзор литературы, посвященной известным методам диагностики функционального состояния стопы. Описаны возможности, недостатки и преимущества различных методик. Некоторые из них на сегодняшний день утратили свою актуальность, другие остаются востребованными и широко используются. Каждая из описанных диагностических процедур имеет определенную ценность: одни исследования актуальны при проведении скрининговых исследований с целью ранней выявляемости заболевания, другие имеют ценность в плане научных исследований, третьи обладают колоссальным значением при выборе тактики хирургического лечения и в предоперационном планировании. Несвоевременное выявление той или иной патологии стоп напрямую связано со степенью выраженности деформации. Квалифицированная диагностика состояния стоп и оценка их функций являются залогом проведения эффективного лечения.

Ключевые слова: стопа, плоскостопие, hallux valgus, молоткообразная деформация пальцев, статическая деформация переднего отдела стопы, диагностика стопы.

PREREQUISITES FOR THE DEVELOPMENT AND METHODS OF DIAGNOSIS OF STATIC DEFORMITIES OF THE FOREFOOT

Kosareva M.A.

Federal State Budgetary Scientific Institution «Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology», Irkutsk, e-mail: iscst@mail.ru

The aim of this study was to analyze the scientific literature on the anatomical and functional features of the foot, the development and diagnosis of static deformities of the forefoot. The author analyzed the eLIBRARY, Google Scholar, PubMed databases and studied 50 scientific literary sources for the period from 1958 to 2023. Based on the analysis of domestic and foreign scientific publications, conclusions were made about the methods of diagnosing static deformities of the forefoot. The article presents the most common types of static deformities of the forefoot, an analysis of known methods for diagnosing static deformities of the forefoot, describing their disadvantages and advantages. This article is a literature review devoted to known methods for diagnosing the functional state of the foot. The possibilities, disadvantages and advantages of various techniques are described. Some of them have lost their relevance today, others remain in demand and are widely used. Each of the described diagnostic procedures has a certain value: some studies are relevant when conducting screening studies for the early detection of the disease, others are valuable in terms of scientific research, and others are of great importance when choosing surgical treatment tactics and in preoperative planning. Untimely detection of a particular foot pathology is directly related to the degree of severity of the deformation. Qualified diagnostics of the condition of the feet and assessment of their functions are the key to effective treatment.

Keywords: foot, flatfoot, hallux valgus, hammertoe, static forefoot deformity, foot diagnostics.

Введение

В структуре опорно-двигательного аппарата (ОДА) человека стопа является чрезвычайно важным органом. Наличие деформаций переднего отдела стопы оказывает

колоссальное влияние не только на ее функцию, но и на работу вышележащих отделов ОДА. Своевременная диагностика статических деформаций переднего отдела стопы и грамотная интерпретация полученных данных способствуют раннему выявлению заболевания, началу лечения, а также профилактике прогрессирования данной патологии и других заболеваний опорно-двигательного аппарата человека. Залогом успеха оперативной коррекции статических деформаций переднего отдела стопы является использование актуальных и практически значимых диагностических приемов.

На протяжении всей жизни человека стопа выдерживает колоссальные статические и динамические нагрузки, последствием которых часто являются необратимые анатомические изменения, неминуемо ведущие к нарушению функций стопы. Как следствие, возрастают ударные нагрузки на вышележащие отделы опорно-двигательного аппарата.

Цель исследования – анализ научной литературы, посвященной анатомо-функциональным особенностям стопы, развитию и диагностике статических деформаций переднего отдела стопы.

Материал и методы исследования. В ходе данного исследования были проведены поиск и анализ отечественных и зарубежных литературных источников с помощью электронных баз данных eLIBRARY, Google Scholar, PubMed в области травматологии и ортопедии, содержащих информацию, посвященную анатомо-функциональным особенностям стопы, развитию и диагностике статических деформаций переднего отдела стопы. Проанализированы базы данных и изучены 50 научных литературных источников за период с 1958 по 2023 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

Предпосылки развития статических деформаций переднего отдела стопы

Современное научное сообщество располагает большим количеством данных о причинах и предпосылках к развитию деформаций стопы, а также о факторах, влияющих непосредственно на прогрессирование патологии. Крайне редко при сборе анамнеза пациента и выполнении диагностических мероприятий возможно выделить какую-либо конкретную причину. В большинстве случаев заболевание является полиэтиологичным и многофакторным [1, 2]. Все факторы, предрасполагающие к развитию деформаций стопы, разделяют на внешние и внутренние. Работы L. Sim-Fook и соавт., 1958, и M.J. Coughlin, 1995, достоверно подтверждают взаимосвязь выбора обуви с развитием изучаемой патологии [3, 4]. Также должное внимание было уделено изучению избыточных физических нагрузок на стопы. Однако достоверно было доказано влияние лишнего веса на прогрессирование патологии стопы, нежели на возникновение деформации [5]. В.Ю. Екимов и соавторы (2015) утверждают, что нередко причинами развития распластанности стопы являются специфика

ходьбы и сфера профессиональной деятельности человека (например, поперечное плоскостопие при маховом стиле ходьбы у военных или молоткообразная деформация пальцев при ходьбе на носках у гимнастов или артистов балета [6]). По данным Т. Zgonis, 2014, плоскостопие развивается чаще всего в результате нарушения функции сухожилия задней большеберцовой мышцы [7]. Деформации переднего отдела стопы могут иметь травматическую природу, связанную с переломами, разрывами сухожилий и мышц [8].

К эндогенным предикторам развития статических деформаций стоп относят наследственность, женский пол, возраст пациента анатомические особенности стопы. По данным отечественных исследователей, данная патология преимущественно встречается у лиц женского пола. Среди пациентов, попадающих на операционный стол с целью коррекции деформации переднего отдела стопы, львиную долю составляют женщины – с соотношением 15:1. [1, 9, 10]

Исследования L.S. Barouk (1991) и J. Pontius et al (1994) показывают, что примерно в одном из пяти случаев развития деформаций переднего отдела стопы имеются врожденные предпосылки: измененная суставная щель между первой плюсневой и клиновидной костями; преобладание длины первой и второй плюсневой кости; неправильное развитие сустава между первой плюсневой костью и фалангой первого пальца; нарушение развития сесамовидного гамака [11, с. 30]. Однако в основе возникновения статических деформаций лежит слабость связок, мышц и сухожилий стопы и голени, являющаяся следствием их длительного переутомления и перерастяжения [12].

Так, дисбаланс механизмов статической и динамической стабилизации в стопе приводит к поперечному распластыванию стопы. Наиболее распространенной патологией среди статических деформаций переднего отдела стопы является поперечное плоскостопие. Распространенность поперечной распластанности стопы в мире достигает 63,6% [13].

На фоне поперечной распластанности возникают различные виды деформаций переднего отдела стопы. Наиболее часто, в 95–100% случаев, развиваются деформация первого пальца (*hallux valgus*) [13] и молоткообразная деформация пальцев [14, с. 27], которые в большинстве случаев служат причинами обращения к хирургу. Доля *hallux valgus* в структуре всех заболеваний стопы достигает 80%. В Российской Федерации частота встречаемости заболевания достигает 58%, среди женщин – 71,4 %, среди мужчин – 35,8% [15]. Данные метаанализа, проведенного S. Nix в 2015 г., позволили определить, что у взрослых людей в возрасте до 65 лет *hallux valgus* встречается в 23% случаев, а у людей старше 65 лет – в 35,7% случаев [16].

Также, по сведениям отечественных авторов, второй по распространенности патологией переднего отдела стопы является артроз первого плюснефалангового сустава

(hallux rigidus), 10% людей в возрасте 20–34 лет и 44% людей в возрасте старше 80 лет страдают данной патологией, наследственный характер встречается в 80% случаев [17, 18].

Молоткообразная деформация пальцев стопы (hammer toe) тоже часто встречается в практике врачей-ортопедов. Как правило, молоткообразная деформация малых пальцев формируется вследствие развития hallux valgus, то есть имеет сопряженный характер. Так, в 64,3% случаев вальгусное отклонение первого пальца сопряжено с молоткообразной деформацией второго пальца, реже – других лучей. Изолированная патология встречается в 2% случаев [19, 20, 21]. Значительно реже встречается деформация 5-го пальца («деформация портного»), которая может наблюдаться изолированно или в сочетании с деформацией 1-го пальца и других пальцев стопы. Данное заболевание в 3–10 раз чаще возникает у женщин, чем у мужчин [22, 23].

Различные варианты деформаций переднего отдела стопы могут возникать как самостоятельный тип деформации, так и являться компонентом сложной, комбинированной деформации стопы. В большинстве случаев статические деформации переднего отдела стопы являются комплексными и приводят к изменениям анатомо-физиологического состояния разных функциональных отделов не только стопы человека в частности, но и всей опорно-двигательной системы.

Несвоевременное выявление той или иной патологии стоп напрямую связано со степенью выраженности деформации. Квалифицированная диагностика состояния стоп и оценка их функций являются залогом проведения эффективного лечения.

Методы диагностики статических деформаций переднего отдела стопы

Постановка диагноза деформации переднего отдела стопы основывается на клиническом методе диагностики и использовании дополнительных (инструментальных) методов исследования [24].

Расспрос пациента сводится к сбору данных анамнеза, жалоб и выявлению эндо- и экзогенных факторов, влияющих на возникновение деформаций стоп. Должное внимание необходимо уделять клиническому осмотру [25]. Следует провести визуальный осмотр в положении пациента стоя с нагрузкой, начиная с пятки и продвигаясь к пояснице. Наличие варусной или вальгусной установки пятки и клинические проявления дисфункции сухожилия задней большеберцовой мышцы являются диагностическим критерием, взаимосвязанным с деформациями переднего отдела стопы [26]. Необходимо оценить состояние сводов стопы. Врач должен обратить внимание на характер износа обуви пациента и оценить посадку обуви, поскольку это может дать ценную информацию. Исследования показывают, что до 75% населения носят обувь неподходящего размера, что потенциально способствует возникновению статических деформаций переднего отдела стопы [27]. Обращается внимание

на постановку стоп, особенности походки. Осмотр пациента позволяет выявить наличие деформации, трофических нарушений, омозолелостей [28]. Пальпацию следует использовать для того, чтобы определить точку максимальной болезненности, поскольку это важнейшая диагностическая информация. Пальпация также может дать информацию о возможной крепитации или тугоподвижности в плюснефаланговых и межфаланговых суставах стопы. Затем врач должен оценить активный и пассивный диапазон движений в суставах переднего отдела стопы и сравнить с контралатеральной стороной [26, 29]. Кроме того, необходимо проверить пульсацию задней и передней большеберцовой артерий, чтобы оценить состояние сосудов. У пациентов с отеками, бледностью или эритемой следует учитывать системные причины сердечно-сосудистой, ревматологической или инфекционной этиологии. Краткое неврологическое обследование нижней конечности может быть закончено проверкой рефлексов нижних конечностей и оценкой мышечной силы [30].

Инструментальные методы диагностики патологии переднего отдела стопы

К наиболее примитивным и общедоступным инструментальным методам диагностики можно отнести подометрию и планто-контурографию [31, с. 159–207; 32, с. 566–575]. Данные методы дают возможность оценить только анатомическую составляющую патологии, следовательно, имеют низкую информативность. С учетом темпов развития информационных и цифровых технологий можно заключить, что их актуальность стала крайне мала.

Подометрия. Рутинный и простой в выполнении метод, основанный на измерении параметров стопы сантиметровой лентой и угломером (рис. 1).

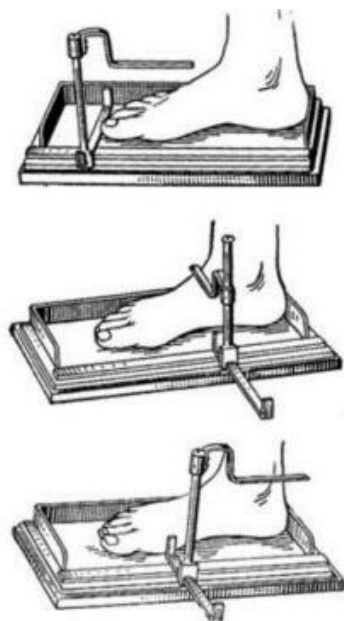


Рис. 1. Методика выполнения подометрии

Данные, полученные при замерах, вставляют в формулы и вычисляют различные индексы. Показатели, которые возможно получить, используя данный метод: высота костного свода (расстояние от бугристости ладьевидной кости до плоскости опоры) и длина стопы.

Для определения степени плоскостопия применяется формула вычисления «подометрического индекса» (индекс Фридланда), в соответствии с которой высота стопы (Н) умножается на 100 и делится на длину стопы (L). Полученные значения сравниваются с данными разработанных оценочных таблиц.

На протяжении десятков лет этот метод массово применялся для выявления плоскостопия среди населения (при медицинских осмотрах в школах, высших учебных заведениях, профилактических осмотрах на производствах) [31, с. 159–207; 32, с. 566–575].

Планто-контурография. Доступный и достаточно простой в выполнении метод, основанный на визуальной и расчетной оценке показателей стопы по ее отпечатку или изображению. Известны несколько способов ее выполнения. Наиболее тривиальной считается методика «чернильных отпечатков» (рис. 2).

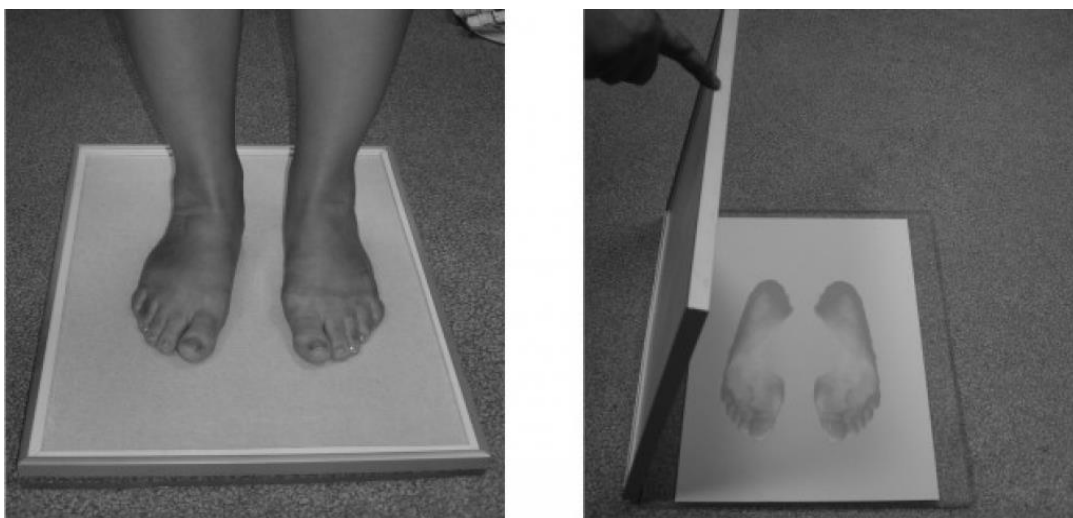


Рис. 2. Методика выполнения планто-контурографии (метод «чернильных отпечатков»)

Для получения четких отпечатков стопы исследуемый должен наступить на площадку, которая покрыта красящим веществом (таким как тушь, раствор бриллиантовой зелени, Люголя, типографская краска и т.п.). На полученном отпечатке стопы отмечают точки, рассчитывают показатели для определения степени распластанности стопы при использовании методик И.М. Чижина, В.А. Яралова-Яралянца, В.А. Штритера и др. [28; 31, с. 159–207; 32, с. 566–575].

Модификацией метода «чернильных отпечатков» является техника анализа зеркального отражения подошвенной поверхности стопы на столике Г.И. Турнера и приборе

М.И. Куслика. Современные модели такого типа плантографов имеют подсветку для получения более четкого изображения (рис. 3) [33, 34].



Рис. 3. Методика выполнения плантографии

Современным вариантом плантографии является компьютерная плантография. На сегодняшний день данная методика широко распространена и применяется как в западных странах, так и в России.

Компьютерный плантограф представляет собой устройство, состоящее из блока сканирования и компьютера, на котором установлена специальная программа для считывания и анализа плантограммы. Заданные параметры рассчитываются автоматически. Данные, полученные в результате исследования, хранятся в электронных базах и могут использоваться для изготовления индивидуальных ортезов (стелек) в плане консервативной терапии, а также при планировании оперативного вмешательства на стопе [34]. Недостатком плантографии являются ее ограниченные информативные возможности относительно формы подсводного пространства, исследование позволяет оценить только анатомический компонент патологии стопы [35].

Педобарография. Одним из методов диагностики патологии стопы является метод оценки распределения давления на стопу. Педобарография была разработана в 1960-х годах, впоследствии, с развитием компьютерных технологий, она была усовершенствована (рис. 4) [36].

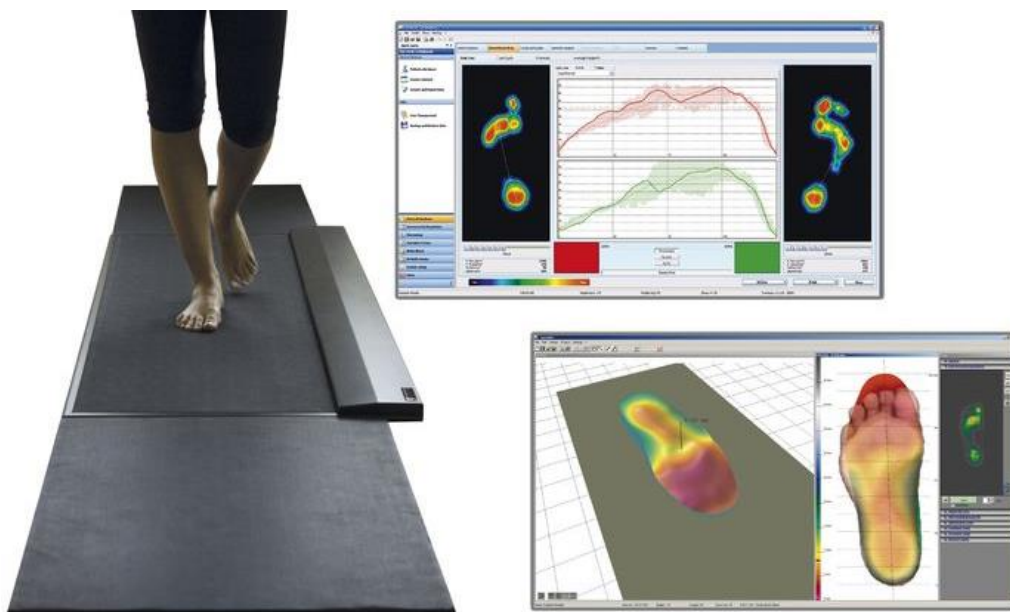


Рис. 4. Методика выполнения педобарографии

На сегодняшний день педобарография используется в клинических условиях, поскольку она может обеспечивать как статическое, так и динамическое измерение подошвенного давления стопы во время биомеханических тестов. Исследования ряда авторов показывают, что анализ педобарографии необходим для выделения особых зон напряжения на подошвенную поверхность стопы в целях выявления причины боли [37]. Однако в 2008 г. А. Schmiegel с соавторами выявили высокую долю расхождений между заключениями по результатам педобарографии и клиническими диагнозами пациентов [38]. По результату проведенного ими клинического исследования на 112 пациентах с ревматоидным артритом было получено, что педобарография не выявила самых высоких значений давления в областях сильной боли и, следовательно, не имела клинического значения. По мнению исследователей, основным значимым ограничением педобарографии является ее неспособность выявить привычку пациента избегать давления в этой области от боли, которая приводит к изменению походки и переносу нагрузки на другие отделы стопы [39]. Таким образом, искаженные показатели давления предоставляют противоречивую информацию о зонах боли, что, в свою очередь, приводит к неопределенности в отношении диагностической значимости педобарографического анализа и его пригодности для диагностики различных состояний, связанных с давлением на стопу. В 2014 году ортопеды из Южной Кореи в своем исследовании сопоставили клинические данные, указывающие на избыточное давление на определенные участки стопы в виде натоптышей и мозолей, и данные педобарографии [40]. В результате при использовании для сравнения числовых значений давления для каждой части стопы

педобарография показала диагностическую корреляцию 17,7% при статическом измерении и 13,5% при динамическом измерении. При определении графического пикового давления статическое измерение показало корреляцию в 41,7%, а динамическое измерение показало корреляцию в 31,3%. Таким образом, была доказана низкая диагностическая ценность педобарографии.

Рентгенографическое исследование стопы. В современной практике широко распространенным и высокоинформативным методом диагностики деформаций переднего отдела стопы является стандартная рентгенография стопы. Метод позволяет получить детальное изображение костей стопы, произвести анализ их пространственного ориентирования друг относительно друга.

Рентгенологическое исследование стопы выполняется в двух проекциях (дорсо-плантарной и боковой) под нагрузкой, при фокусном расстоянии 1 метр, угол инклинации 15–20 градусов. Реже возникает необходимость в выполнении дополнительных рентген-исследований. Так, например, аксиальная проекция позволяет определить ротацию головки первой плюсневой кости и дегенеративные изменения сесамовидных костей. Визуализацию экзостозов плюсневой кости возможно произвести посредством анализа рентгенограмм в проекции под углом 45 градусов (медиальная косая проекция) [41]. С.Н. Леонова с соавторами (2022 г.) предложили новую методику выполнения рентгенографии стопы с целью определения высоты стояния и взаиморасположения головок плюсневых костей [42], что используется в предоперационном планировании и позволяет выбрать оптимальную тактику оперативного лечения.

Анализ рентгенограмм стопы построен на определении значений углов, интерпретация которых позволяет классифицировать вид и степень деформации, построить алгоритм лечения, выбрать оптимальную тактику хирургической методики и оценить результат лечения.

К основным показателям, используемым при анализе рентгенологических снимков стоп, относятся: угол между осью проксимальной фаланги первого пальца и осью первой плюсневой кости; угол между осями первой и второй плюсневой кости; угол между осями первой и пятой плюсневой кости; угол между осью проксимальной и дистальной фаланги первого пальца; угол между перпендикуляром оси суставного хряща головки первой плюсневой кости и ее осью; парабола Лельевра, которая определяется длиной каждой плюсневой кости [13, 14, 43].

К недостаткам рентген-диагностики можно отнести необходимость проведения нескольких исследований (что значительно увеличивает лучевую нагрузку на пациента),

отсутствие стандартов укладки, невозможность достоверной оценки изменений гипермобильности отдельных суставов стопы [35].

Мультиспиральная компьютерная томография стопы (МСКТ). Несмотря на то что диагностическая ценность рентгенографии велика, становится востребованной мультиспиральная компьютерная томография, позволяющая получить трехмерное изображение костных структур и произвести более точный анализ их пространственного взаиморасположения [44]. Проблема отсутствия нагрузки на стопу во время проведения исследования пациента в горизонтальном положении была решена зарубежными исследователями, которые описали методику вертикальной конусно-лучевой компьютерной томографии для диагностики патологии только нижней конечности [45]. Также нашими соотечественниками в клиническую практику была внедрена методика функциональной мультиспиральной КТ с нагрузкой на стопу, которая подразумевает послойное исследование интересующей области и построение 3D-реконструкции, помимо того, предоставляет возможность оценки параметров углов и измерения минеральной плотности костной ткани [46].

Магниторезонансная томография (МРТ). В клинической практике только магниторезонансное исследование стопы позволяет получить достоверную информацию о наличии и целостности мягкотканых структур. Так, например, предоперационная МРТ-диагностика разрыва плантарной пластинки в большинстве случаев определяет выбор тактики хирургического вмешательства при лечении пациентов с молоткообразной деформацией пальцев стопы [47].

Выполнение МРТ-исследования дает возможность получить данные относительно целостности суставного хряща головок плюсневых костей, а также достоверно определить параметр угла наклона суставной поверхности первой плюсневой кости (угол PASA), что, безусловно, является преимуществом данного метода над рентгенографией стопы [48].

Ультразвуковая диагностика (УЗ). Метод УЗ-диагностики недостаточно широко применяется при выявлении статических деформаций стопы, однако можно выделить его значительные преимущества в ряде случаев. В сравнении с МРТ-исследованием данный метод является недорогим и не несет лучевой нагрузки, в то же время обладает высокой информативностью в вопросах выявления повреждения мягкотканых структур, суставного хряща, сосудисто-нервных пучков. Исследователями О.Ю. Майко и соавторами в 2021 г. был предложен новый метод дифференциальной диагностики статических деформаций и невриномы Мортонa [49]. Группой ортопедов из Китая в 2022 г. был предложен новый метод диагностики плоскостопия на основании измерения угла наклона подошвенной фасции, определяемого с помощью ультразвука В-режима. Предлагаемый метод обладает хорошей

чувствительностью и специфичностью при диагностике плоскостопия [50]. Данный вид исследований обеспечивает новый подход к неинвазивной диагностике плоскостопия.

Заключение

В данной статье приведено описание методов диагностики функционального состояния стопы. Описаны возможности, недостатки и преимущества различных методик. Некоторые из них на сегодняшний день утратили свою актуальность, другие остаются востребованными и широко используются. Каждая из описанных выше диагностических процедур имеет определенную ценность: одни исследования актуальны при проведении скрининговых исследований с целью ранней выявляемости заболевания, другие имеют ценность в плане научных исследований, третьи обладают колоссальным значением при выборе тактики хирургического лечения и в предоперационном планировании.

Несвоевременное выявление той или иной патологии стоп напрямую связано со степенью выраженности деформации. Квалифицированная диагностика состояния стоп и оценка их функций являются залогом проведения эффективного лечения.

Список литературы

1. Жанаспаев М.А., Бокембаев Н.А., Тлемисов А.С. Современные методы диагностики и лечение статической деформации переднего отдела стопы. Обзор литературы / // Наука и здравоохранение. 2020. Т. 22, № 5. С. 31-46. DOI: 10.34689/SH.2020.22.5.003.
2. Федоров В.Г., Злобин А.В. Биомеханика формирования поперечно-распластанной деформации стопы и патогенетически оправданные способы лечения // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 6. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=28297> (дата обращения: 10.12.2024).
3. Sim-Fook L., Hodgson A.R. A comparison of foot forms among the non-shoe and shoe-wearing Chinese population // J. Bone Joint Surg Am. 1958. Vol. 40-A(5). P. 1058-1062. DOI: 10.1.1.991.8179.
4. Coughlin M.J., Thompson F.M. The high price of high-fashion footwear // Instr. Course Lect. 1995. Vol. 44. P. 371-377.
5. Okuda H., Juman S., Ueda A., Miki T., Shima M. Factors related to prevalence of hallux valgus in female university students: a cross-sectional study // J. Epidemiol. 2014. Vol. 24(3). P. 200-208. DOI: 10.2188/jea.je20130110.
6. Екимов В.Ю., Пономаренко В.К., Волков Ю.О. Профилактика функционального плоскостопия // Ученые записки Белорусского государственного университета физической

- культуры. 2016. № 19. С. 175-186. URL: https://www.sportedu.by/wp-content/uploads/2015/10/Zapiski_19.pdf (дата обращения: 10.12.2024).
7. Zgonis T. Adult-Acquired Flatfoot Deformity // Clinics in Podiatric Medicine and Surgery. 2014. Vol. 31. Is. 3. P. xi-xii. DOI: 10.1016/j.cpm.2014.05.001.
8. Гацкан О.В. Формирование плоскостопия, его профилактика и лечение при различных формах // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 65 (часть 1). С. 60-65. DOI: 10.18411/lj-09-2020-13.
9. Узакова Л.П., Сайфуллаева Л.М. Актуальные исследования деформации, нарушения строения и функции стопы // Вестник науки. 2022. №10 (55). С. 131-137.
10. Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Олейник А.В., Майоров Б.А. Современные взгляды на хирургическое лечение hallux valgus // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31199> (дата обращения: 13.12.2024). DOI: 10.17513/spno.31199.
11. Оразлиев Д.А. Современные аспекты лечения деформации переднего отдела стопы: учебное пособие. Благовещенск: Амурская ГМА; 2019, 117 с.
12. Жуликов А.Л., Сучилин И.А., Харютин А.С., Омарова М.Х., Тарасенко В.Р., Омарова З.Х. Возможности функциональной коррекции при статических деформациях стоп // Вестник ВолГМУ. 2020. № 1. С. 51-54.
13. Кондрашова И.А., Давлетова Н.А., Кондрашов А.Н. Клинико-рентгенологические аспекты диагностики Hallux valgus и поперечного плоскостопия // Травма. 2013. Т. 14 (4). С. 81–86.
14. Карданов А.А. Руководство. Хирургическая коррекция деформаций стопы. М., 2016. 220 с.
15. Беленький А.Г. Плоскостопие: проявление и диагностика // Consilium medicum. 2005. Т. 7, № 8. С. 618–622.
16. Nix S., Smith M., Vincenzino B. Prevalence of hallux valgus in the general population: a systematic review and meta-analysis // J. Foot Ankle Res. 2010. Vol. 3. P. 21. DOI: 10.1186/1757-1146-3-21.
17. Кавалерский Г.М., Сорокин А.А., Прохорова М.Ю. Эндопротезирование первого плюснефалангового сустава как один из методов лечения Hallux rigidus // Московский хирургический журнал. 2013. № 4. С. 59–62.
18. Бобров Д.С., Слияков Л.Ю., Ченский А.Д., Хурцилава Н.Д., Мативиенко М.И., Холодаев М.Ю. Деформирующий остеоартроз первого плюснефалангового сустава, или ригидный 1 палец стопы: клиника, диагностика и лечение (аналитический обзор литературы) // Кафедра травматологии и ортопедии. 2014. Т. 11. № 3. С. 4.

19. Блаженко А.Н., Черевцов В.Н., Тадж А.А., Процко В.Г., Загородний Н.В. Способ хирургического восстановления плантарной пластинки малого плюснефалангового сустава прямым подошвенным доступом при травматических разрывах ее вследствие перегрузочной метатарзалгии // Патент № 2673382(13)С1 РФ; МПК А61В 17/56.№ 2018126338; заявл. 17.07.2018; опубл. 26.11.2018; Бюл. № 33.
20. Косарева М.А., Леонова С.Н. Проблемы хирургического лечения молоткообразной деформации пальцев стопы (обзор литературы) // Acta Biomedica Scientifica. 2020. Т. 5, № 6. С. 235-242. DOI: 10.29413/ABS.2020-5.6.30
21. Kirby K.A. Foot and Lower Extremity Biomechanics IV: Precision Intricast Newsletters, 2009-2013. Precision Intricast, Inc., Payson, AZ, 2014. P. 89–90.
22. Загородний Н.В., Карданов А.А., Лукин М.П., Макинян Л.Г., Дубчак А.В. Хирургическое лечение деформации пятого плюсне-фалангового сустава // Травматология и ортопедия России. 2009. № 4. С.37-40.
23. Леонова С.Н., Усольцев И.В., Косарева М.А. Коррекция деформации пятого пальца стопы // Вестник современной клинической медицины. 2023. Т. 16, № 4. С. 111-117. DOI: 10.20969/VSKM.2023.16(4).111-117.
24. Минасов Б.Ш., Гутов С.П., Билялов А.Р. Оценка статических и динамических биомеханических параметров нижних конечностей в норме и при дегенеративнодеструктивных заболеваниях стоп // Медицинский вестник Башкортостана. 2011. №1. С. 62-66.
25. Alazzawi S., Sukeik M., King D., Vemulapalli K. Foot and ankle history and clinical examination: A guide to everyday practice // World J. Orthop. 2017. Vol. 8(1). P. 21-29. DOI: 10.5312/wjo.v8.i1.21.
26. Бобров Д.С., Ченский А.Д., Слиняков Л.Ю., Якимов Л.А., Хурцилава Н.Д. Причины болевого синдрома у пациентов с приобретенным плоскостопием // Кафедра травматологии и ортопедии. 2015. № 2. С. 8-11.
27. Buldt A.K., Menz H.B. Incorrectly fitted footwear, foot pain and foot disorders: a systematic search and narrative review of the literature // J. Foot Ankle Res. 2018. Vol. 11. P. 1. DOI: 10.1186 / s13047-018-0284- z.
28. Яременко Д.А. Методика исследования, диагностика и ортопедическое снабжение при статических деформациях стоп. Харьков, 1984. 45 с.
29. Lopez V, Slullitel G. Metatarsalgia: assessment algorithm and decision making // Foot Ankle Clin. 2019. Vol. 24(4). P. 561–569. DOI: 10.1016 /j.fcl.2019.08.006.

30. Andrews N.A., Ray J., Dib A., Harrelson W.M., Khurana A., Singh M.S., Shah A. Diagnosis and conservative management of great toe pathologies: a review // *Postgraduate Medicine*. 2021. Vol. 133(4). P. 409–420. DOI: 10.1080/00325481.2021.1895587.
31. Янсон Х.А. Биомеханика нижней конечности. Рига: Зинатне, 1975. 324 с.
32. Травматология и ортопедия: Руководство для врачей / Под ред. Н.В. Корнилова: В 4 томах. Т. 3. СПб.: Гиппократ, 2004. 1052 с.
33. Domjanic J., Fieder M., Seidler H., Mitteroecker P. Geometric morphometric footprint analysis of young women // *Journal of Foot and Ankle Research* 2013, Vol. 6. P. 27
DOI: 10.1186/1757-1146-6-27.
34. Калинина М.Л., Шехтман А.Г., Железнов Л.М. Функциональные методы исследования стопы в современной медицинской практике // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19966> (дата обращения: 13.12.2024).
35. Веденина А.С., Смирнова Л.М. Оценка функционального состояния стопы с использованием плантографии // *Известия Южного федерального университета. Технические науки*. 2008. С. 136-139.
36. Betts R., Franks C., Duckworth T. Analysis of pressure and loads under the foot: II. Quantitation of the dynamic distribution // *Clin. Phys. Physiol. Meas.* 1980. Vol. 1(2). P. 113.
37. Espinosa N., Maceira E., Myerson M.S. Current concept review: metatarsalgia // *Foot ankle Int.* 2008. Vol. 29(8). P. 871-879. DOI: 10.3113/FAI.2008.0000X.
38. Schmiegel A., Rosenbaum D., Schorat A., Hilker A., Gaubitz M. Assessment of foot impairment in rheumatoid arthritis patients by dynamic pedobarography // *Gait Posture*. 2008. Vol. 27(1). P. 110-114. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2007.02.008.
39. Rao S., Baumhauer J.F., Nawoczenski D.A. Is barefoot regional plantar loading related to self-reported foot pain in patients with midfoot osteoarthritis // *Osteoarthritis Cartilage*. 2011. Vol. 19(8). P. 1019-1025. DOI: 10.1016/j.joca.2011.04.006
40. Choi Y.R., Lee H.S., Kim D.E., Lee D.H., Kim J.M., Ahn J.Y. The Diagnostic Value of Pedobarography // *Orthopedics*. 2014. Vol. 37(12). P. e1063–e1067.
DOI:10.3928/01477447-20141124-52.
41. Булатов А.А., Емельянов В.Г., Михайлов К.С. Плоско-вальгусная деформация стоп у взрослых (обзор иностранной литературы) // *Травматология и ортопедия России*. 2017. Т. 23. № 2. С. 102-114. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-102-114.
42. Леонова С.Н., Усольцев И.В., Косарева М.А. Новый рентгенологический способ обследования пациентов с деформациями переднего отдела стопы // *Acta biomedica scientifica*. 2022. Vol. 7(6). P. 239-249. DOI: 10.29413/ABS.2022-7.6.24.

43. Серова Н.С., Беляев А.С., Бобров Д.С., Терновой К.С. Современная рентгенологическая диагностика приобретенного плоскостопия взрослых // Вестник рентгенологии и радиологии. 2017. Т. 98 (5). С. 275–280.
DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-275-280.
44. Беляев А.С. Функциональная мультиспиральная компьютерная томография приобретенных деформаций стопы. автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2021. 24 с.
45. Tuominen E.K., Kankare J., Koskinen S.K., Mattila K.T. Weight-bearing CT imaging of the lower extremity // Am. J. Roentgenol. 2013. Vol. 200 (1). P. 146–148. DOI: 10.2214/ AJR.12.8481.
46. Терновой С.К., Серова Н.С., Беляев А.С., Бобров Д.С., Терновой К.С. Методика функциональной мультиспиральной компьютерной томографии в диагностике плоскостопия взрослых // REJR. 2017. № 7 (1). С. 94-100. DOI: 10.21569/2222-7415-2017-7-1-94-100.
47. André Fukunishi Yamada, Michel D. Crema, Caio Nery, Daniel Baumfeld, Tania Szejnfeld Mann, Abdalla Y. Skaf, and Artur da Rocha Correa Fernandes. Second and Third Metatarsophalangeal Plantar Plate Tears: Diagnostic Performance of Direct and Indirect MRI Features Using Surgical Findings as the Reference Standard // Am J. Roentgenol. 2017 Vol. 209(2). P. W100-W108. DOI: 10.2214/AJR.16.17276.
48. Леонова С.Н., Усольцев И.В. Использование МРТ визуализации при обследовании пациентов с hallux valgus // Медицинская визуализация. 2016. № 4. С. 125–131.
49. Майко О.Ю., Ткаченко И.В. Ультразвуковая визуализация в диагностике невротизма мортон в амбулаторных условиях // Современные проблемы науки и образования. 2021. №2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=30647> (дата обращения: 10.12.2024).
DOI: 10.17513/spno.30647.
50. Jiang Z., Zhang Q., Ren L., Qian Z. Non-invasive and quantitative analysis of flatfoot based on ultrasound // Front Bioeng Biotechnol. 2022. Vol. 10. P. 961462.
DOI: 10.3389/fbioe.2022.961462.