

готовке к работе и измерениям при их помощи. Как правило, большинство мер вместимости наливных, что значительно увеличивает время на их подготовку к измерениям, так как при подготовке к работе с ними необходимо произвести промывку мыльным раствором или дистиллированной водой. Меры вместимости считаются чистыми, если при выливании из них дистиллированной воды последняя не собирается на внутренних стенках в виде струек, полос и капель. Затем наливные меры вместимости и выдерживают 3-5 часов. Отливные меры перед калибровкой смачивают водой. Поэтому целесообразно пересмотреть методику калибровки в части уменьшения количества измерений в одной точке. Необходимо изучить методы подготовки к калибровке, и, если есть такая возможность, сократить время на эти операции, не ухудшая при этом характеристики чистоты мер вместимости стеклянных.

Существует несколько методов для определения действительной вместимости мер стеклянных. Это объемный метод, при котором применяются средства измерений объема более высокого класса и фактически сравнивается вместимость более точного средства измерения объема с тем средством измерения объема, вместимость которого необходимо определить. Второй метод при помощи взвешивания на лабораторных весах, погрешность которых не оказывает значительного влияния на результат измерений. В зависимости от класса и вида мер вместимости стеклянных, а также их конструктивных особенностей используют тот или иной метод. Необходимо более детально изучить каждый из этих методов, чтобы определить возможность использования в том или ином случае.

В разработанной методике рассмотрена калибровка таких средств измерений как цилиндры и колбы, что значительно ограничивает область ее применения. Как показала практика, существует необходимость в пересмотре методики калибровки в отношении других мер вместимости стеклянных и, возможно, методов применяемых при калибровке, представлении результатов калибровки и ее дальнейшая модернизация с целью использования.

Литература

1. Закон Республики Беларусь от 5 сентября 1995 г. № 3848-ХІІ «Об обеспечении единства измерений», 2014.
2. Постановление Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь № 17 от 16.03.2007 «Об утверждении перечня областей в сфере законодательной метрологии».
3. ГОСТ 8.234 «Государственная система обеспечения измерений. Меры вместимости стеклянные».
4. ГОСТ 29932 «Посуда и оборудование лабораторные стеклянные. Общие технические условия».
5. ГОСТ 1770 «Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия».
6. ГОСТ 29227 «Посуда лабораторная стеклянная. Пипетки градуированные. Часть 1. Общие требования».
7. ГОСТ 1532 «Вискозиметры для определения условной вязкости».
8. ГОСТ 12738 «Колбы стеклянные с градуированной горловиной. Технические условия».
9. МРП МК 47 07.452-2016 «Меры вместимости стеклянные. Методика калибровки».

УДК 617.3

КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СТОПЫ ЧЕЛОВЕКА

Цапенко В.В., Терещенко Н.Ф.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина

Постановка проблемы. Анализ человеческой походки, является объектом мировых научных исследований. Различные заболевания и повреждения органов опоры нередко сопровождаются серьезными функциональными нарушениями двигательного аппарата, снижением силы и тонуса мышц, утратой способности к нормальным движениям, что в конце концов приводит к инвалидности и последующей потере трудоспособности [1]. Диагностика осанки человека не была бы полной без измерения и оценки состояния опорно-рессорных свойств его стопы.

Стопа является структурным сегментом опорно-двигательного аппарата, которая обеспе-

чивает его стато-локомоторную функцию, и представляет собой целостный морфофункциональный объект, от которого зависит подвижная функция человека [2]. В норме, благодаря сводчатому строению стопы и ее рессорной функции, ускорение до 70% гасится и амортизируется. При нормальном развитии опорно-двигательного аппарата человека нагрузки на стопу распределяются следующим образом: через тело таранной кости на пяточный бугор, ладьевидную и клиновидную кость, на головки I-III плюсневых костей, образуя при этом внешнюю продольную дугу. Таким образом, можно представить две продольные оси стопы. Одна, проходит через

середины пятки и промежутки между I и II плюсневых костями – это ось силы (опорный вектор), по которой передаются основные нагрузки при ходьбе, и другая, которая проходит через середину пятки и промежутки между II и III плюсневых костями, – ось равновесия и баланса, по которой проходят движения стопы при стоянии. Положение этой оси определяется как равная длина рычагов от этой оси до головок I и V плюсневых костей. При плоско-вальгусной деформации опорный вектор стопы смещается латерально (к внешнему краю стопы). Это меняет характер ходьбы, является причиной усиления динамической нагрузки на весь опорно-двигательный аппарат. [3]. Существенную роль играет и объективная оценка параметров биологических тканей [4].

Постановка задачи. Изучение патологических изменений в суставах стопы является особенно сложной задачей, в связи со специфической пространственной ориентацией ее осей и небольшими габаритными размерами исследуемого сегмента, что затрудняет установку специальных регистрирующих устройств. Данные особенности заставляют использовать сложные многокомпонентные комплексы, которые часто вносят свои аппаратные ошибки и нарушают нормальную биомеханику суставов стопы. [5]

Актуальной научно-технической задачей является разработка комплексного метода исследования пространственных биомеханических параметров стопы человека. Для объективизации контроля развития этапов патологий стопы у детей возникает острая необходимость использования метода, который не имеет лучевого воздействия, а также позволяет выполнять количественную оценку и контроль функций стопы не только в статике, но и в динамике, поскольку максимум удельной нагрузки на ее подошвенную поверхность при ходьбе значительно выше, чем в положении стоя на обеих конечностях. Таким образом достоверность такой оценки гораздо выше.

Изложение основного материала исследования. В данной работе предложен метод для количественной оценки выраженности вальгусной деформации стопы, где в качестве количественного показателя используется расширенный фронтальный динамический индекс (ФДИ) f , с последующим анализом диаграмм динамических кривых.

Согласно исследованиям Гурфинкеля, установлено – при вертикальной позе в норме масса тела на стопу распределяется следующим образом, 20,5 % – на передне-внутренний отдел стопы, 18,4 % – на передне-внешний отдел стопы, 5,5 % – на область свода, на пятку приходится – 55,6 %. По данным Давыдовой, при ходьбе масса тела человека распределяется следующим образом: на пятку приходится 33,2 %, на среднюю часть – 5 %, на

передне-внешнюю часть стопы – 26 %, на передне-внутреннюю – 35,8 %. [3]

При анализе подошвенного давления, вальгусная деформация стопы проявляется на основе смещения его к латеральному краю подошвы, увеличении нагрузки в области продольного свода, медиальной поверхности стопы. Однако данный метод является субъективным и в большей степени зависит от личного опыта специалиста. [3] Предлагается метод для количественной оценки выраженности вальгусной деформации стопы. В качестве количественного показателя используем значение фронтально-динамического индекса f . Для его расчета стопу делят на равные по ширине медиальную и латеральную зоны, с последующим расчетом соотношения давления P_l в латеральной зоне к сумме давления ($P_l + P_m$) в латеральной и медиальной зонах (рис. 1). [3]

$$f = \frac{P_l}{P_l + P_m} \cdot 100\% \quad (1)$$

где P_l – давление в латеральной зоне стопы (Па);

P_m – давление в медиальной зоне стопы (Па).

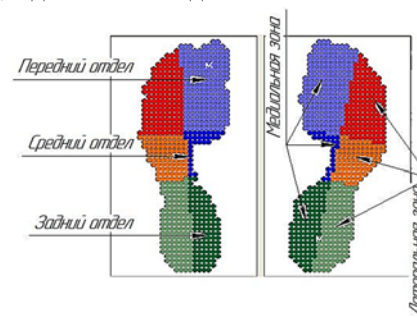


Рисунок 1 – Схема разделения стопы на латеральную и медиальную зоны для вычисления расширенного фронтального динамического индекса

Как видно из схемы (рис. 1), для предложенного метода, в процессе анализа, стопа разбивается на медиальную и латеральную зоны, которые в свою очередь целесообразно разделять еще на 3 отдельные области каждую (передний, средний и задний отделы стопы соответственно), для наглядности влияния распределения давления в каждой области подошвенной поверхности стопы на общую картину патологии. Как известно, передний отдел стопы отвечает за коленный сустав, а голеностопный и подтаранный определяются на середине отпечатка стопы. С этой закономерности возникает необходимость изменить и расширить формулу расчета ФДИ следующим образом:

$$f = \frac{P_{lf} + P_{lm} + P_{lr}}{(P_{lf} + P_{lm} + P_{lr}) + (P_{mf} + P_{mm} + P_{mr})} \cdot 100\% \quad (2)$$

В данной формуле индексы f , m , r – означают значения давления в переднем, среднем и заднем отделах латерального и медиального края стопы соответственно.

Выводы. Предложенный критерий расширенного фронтального динамического индекса, как количественный показатель распределения давления по подошвенной поверхности стопы, вместе с качественными показателями, полученными при анализе диаграмм динамических кривых более достоверно и полно оценивают параметры стопы и могут успешно использоваться для мониторинга эффективности различных методов лечения плоско-вальгусной деформации стопы.

Литература

1. Цапенко В.В. Методика исследования про-странственных параметров стопы человека / Цапенко В.В., Терещенко Н.Ф. // Интегрированные интеллектуальные робототехнические комплексы (ИИРТК-2018). Одиннадцатая международная научно-практическая конференция 22-23 мая 2018 года, Киев, Украина. – К. : НАУ, 2018. – 334 с. (сборник тезисов). – С. 157–159.
2. Perepelkin A.I. Individual and typological characteristics of the human foot in the age aspect /

A.I. Perepelkin, V.B. Mandrikov, A.I. Krayushkin. – Raleigh, North Carolina, USA : Lulu Press, Inc, 2015. – 140 с.

3. Мармыш А.Г. Особенности распределе-ния подошвенного давления при плоско-вальгусной деформации стопы у детей / А.Г. Мармыш. // Журнал Гродненского государ-ственного медицинского университета. – 2017. – С. 400–404.

4. Терещенко Н.Ф. Исследование электропро-водимости биологических тканей / Н.Ф. Терещенко, В.В. Цапенко, Н.В. Чухраев // Вестник НТУУ «КПИ». Серия приборостроения. – 2017. – Вып. 53 (1). – С. 87–94.

5. Цапенко В.В. Цифровая биометрическая система исследования патологических состояний стопы / В.В. Цапенко, Н.Ф. Терещенко. // Актуальные проблемы автоматизации и приборострое-ния: материалы Международ. научн.-техн. кон-фер., 07-08 декабря 2018 г. Е.И. Сокол (глава оргком.). Харьков : ФОРМ Мезина В., 2017. – 252 с., С. 89–90.

УДК 53.083

МЕТОДИКА ПОЛЕТНЫХ КАЛИБРОВОК КОСМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОУРОВНЕВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Беляев Ю.В., Цикман И.М., Литвинович Г.С., Бручковский И.И., Попков А.П.

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета, Минск, Республика Беларусь

В настоящее время на борту Международной космической станции (МКС) находится научная видео и фотоспектральная аппаратура (НА) [1] для проведения сеансов мониторинга земной поверхности. Первичная калибровка такой аппаратуры выполнена на комплексе «Каменя» [2] перед отправкой на МКС. Для последующих полетных калибровок разрабатываются методики с использованием мноуровневых спектрометрических измерений.

Методика калибровки бортовой НА предусматривает три уровня квазисинхронных измерений оптических отражательных характеристик тестовых участков: наземный, авиационный и космический. Квазисинхронность измерений означает одинаковую геометрии съемки тестовых объектов, т. е. при тех же значениях азимута инструмента, зенитного угла инструмента, азимута Солнца, зенитного угла Солнца.

Наземные измерения должны обеспечивать коэффициенты спектральной яркости (КСЯ) выбранных тестовых объектов, а также полный набор входных параметров оптических характеристик атмосферы для проведения процедуры атмосферной коррекции спутниковых данных. Наличие авиационного уровня значительно повышает надежность и точность результата атмосферной коррекции.

Подготовка «наземного уровня» включает в себя кроме подготовки спектральной аппаратуры, выбор и описание тестовых объектов спектрометрирования. Выбор объектов для проведения измерений определяется особенностью траектории пролета МКС над территорией Беларуси. Поскольку измерения вблизи надир с борта МКС возможны для южной части Гомельской области, то и объекты выбираются из этой области. Для протяженных запланированных к мноуровневой съемке калибровочных площадок (тестовых объектов) подробно описывается ландшафтная, геоморфологическая структура, а также процентный состав произрастающей на ней растительности и прочие особенности. Определяются точки измерений, количество и расположение которых устанавливается исходя из визуальной оценки степени однородности объекта (чем однороднее объект, тем меньше может быть количество измерительных точек). Выбранные точки помечаются на местности, нумеруются и определяются их координаты. В отдельных точках проводятся угловые измерения. Минимальный набор угловых измерений: измерения в надир ($\theta = 0^\circ$, $\varphi = 0^\circ$), угол съемки бортовой НА и еще три положения спектрометра, например ($\theta = 30^\circ$, $\varphi = 0^\circ$), ($\theta = 30^\circ$, $\varphi = 180^\circ$), ($\theta = 30^\circ$, $\varphi = 90^\circ$), где θ – угол оптической оси относительно нади-