

Л.М. Смирнова

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОШИБКИ ДИНАМОПЛАНТОГРАФИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРТЕЗИРОВАНИЯ ПРИ ПАТОЛОГИИ СТОПЫ

Применение динамоплантографии является необходимым шагом в направлении создания технологии объективизации оценки адекватности назначения и результатов ортезирования при патологии нижних конечностей. На различных предприятиях протезно-ортопедической отрасли с этой целью используются программно-аппаратные комплексы (ПАК) «ДиаСлед» и «ДиаСлед-Скан», включающие в свой состав матричные измерители давления в форме стелек [1].

Человеческий фактор оказывает большое, а в некоторых случаях главенствующее, влияние на достоверность и надежность результатов исследований биотехнических систем (БТС). Общие теоретические аспекты данной проблемы при проектировании и эксплуатации БТС широко освещены в специальной литературе [2, 3]. Тем не менее, практические вопросы снижения методических ошибок, связанных с неправильным действием человека-оператора, требуют отдельного обсуждения для различных прикладных областей. Наиболее часто допускаемые ошибки при оценке эффективности вкладных обувных ортопедических изделий (ОИ), с использованием динамоплантографии, рассматриваются с учетом ее базового алгоритма, представленного на рис. 1.

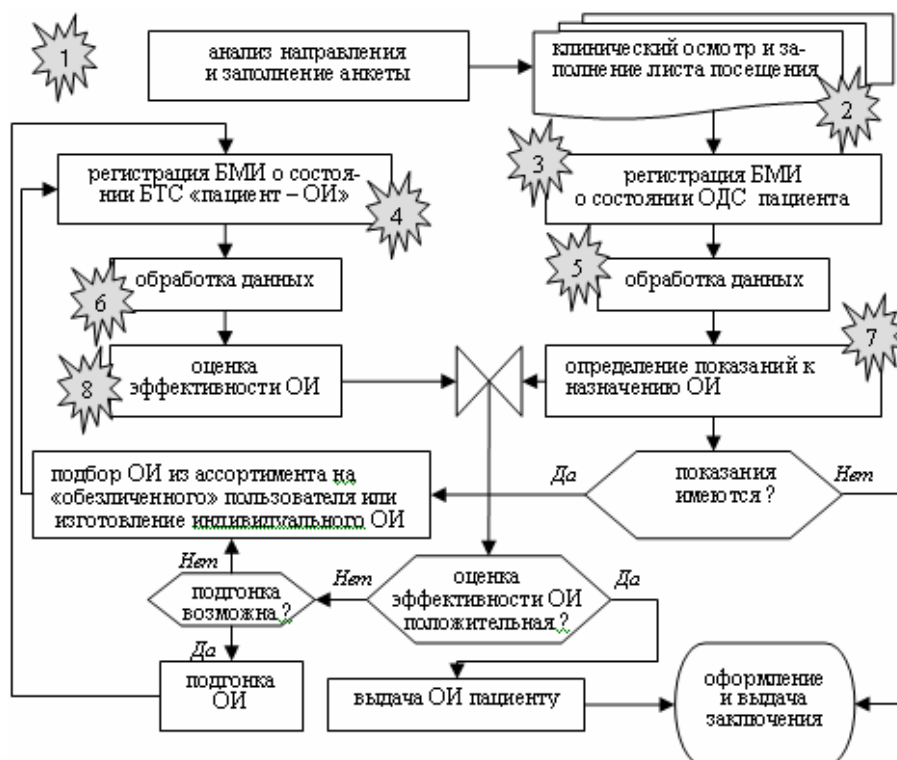


Рис.1. Базовый алгоритм оценки эффективности ОИ (пояснения в тексте)

Некоторые из этих ошибок связаны с организацией рабочего места и могут быть предотвращены еще до начала обследования (рис. 1, п. 1):

- недостаток площади в помещении для возможности регистрации данных ходьбы в установившемся режиме движения;
- преграды на пути движения пациента, влияющие на стереотип ходьбы (если только они не обусловлены проведением функциональных тестов);
- неровная или мягкая поверхность передвижения (ковер, ковролин, выбитый паркет, неровный дощатый пол и др.), искажающая динамоплантограмму;
- плохое заземление электросети или подключение ПАК в линию с потребителями большой мощности, создающими помехи, приводит к появлению шумов в канале регистрации биомедицинской информации (БМИ).

Следующие ошибки могут быть допущены при клиническом осмотре пациента и вводе его результатов в базу данных (БД): анамнеза, жалоб, данных общего ортопедического статуса, осанки, состояния позвоночника и нижних конечностей. Ошибки этого этапа (рис. 1, п. 2) носят случайный характер и зависят от опыта и внимательности специалиста. Игнорирование информации о дисбалансе в ОДА, влияющем на межконечностное (P_{MK}) и межзональное (P_{MZ}) распределение нагрузки под стопами, приводит к ошибкам на этапе трактовки результатов обследования и оценки эффективности ОИ:

$$Kp_{MK} = P_R / P_L; \quad Kp_{MZ} = P_i / P_j, \quad (3)$$

где P_R и P_L – суммарное давление на все датчики правой и левой измерительной стельки; P_i и P_j – на все датчики i -й и j -й зоны стельки.

На этапе регистрации БМИ (рис. 1, пп. 3, 4) ошибки могут быть обусловлены не только недостатком контроля работоспособности измерительных модулей, но и неправильным выбором типа, количества и условий проведения биомеханических тестов. С увеличением их количества повышается точность результатов за счет возможностей статистической обработки данных. Однако при этом возрастает усталость пациента, которая становится дополнительной помехой измерения. Это особенно актуально при компаративной оценке различных конструкций ОИ или их подгонке, особенно для пациентов с ограниченными возможностями передвижения. Поэтому определение оптимального количества тестов и измерений должно основываться на стремлении к компромиссу между влиянием этих факторов на точность оценки результатов. На эту же цель направлен поиск рациональной последовательности тестов. Для определения показаний к назначению ОИ может быть предложен следующий вариант: 1 – статика (ортостатическая стойка); 2 – ходьба с привычной скоростью из позиции окончания предыдущего теста; 3 – статика (как окончание предыдущего теста); 4 – если результаты 1-го и 2-го тестов противоречивы, – поворот пациента на 180° и измерение в статике; 5 – если темп ходьбы при 2-м тесте не соответствовал запланированному или сопровождался артефактами, то повторение его при ходьбе в обратном направлении (рис. 2); дополнительные тесты – по показаниям (например, с изменением скорости ходьбы для определения причин нарушения структуры переката через стопы).

В определенных случаях снижение усталости пациента достигается при усеченном плане обследования. Например, при оценке ОИ, назначенных только для устранения локальных плантарных перегрузок, тесты «стоя» с ОИ можно не проводить, так как максимальные перегрузки проявляются при ходьбе. Однако для пациентов с нарушением сенсорной функции стопы контроль должен проводиться также и в статике. То же касается случаев, когда целью ортопедического обеспечения является компенсация анатомической или функциональной асимметрии.

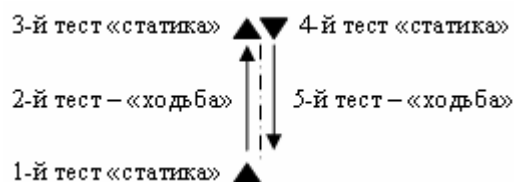


Рис.2. Вариант плана тестов при динамоплантографии

Большое значение при регистрации данных имеет обеспечение нужной скорости ходьбы V , так как от нее зависят параметры динамоплантограммы и структуры переката через стопы: в частности, коэффициент толчков в перекате (k_f), коэффициент инерционности переката (k_{f2}) и многие другие:

$$k_f = F_1 / F_3; \quad k_f = \{[(F_1 + F_3) / 2] - F_2\} / [(F_1 + F_3) / 2]; \quad F_i = \sum_{i=1}^n p_i, \quad (3)$$

где F_1 и F_3 – сила переднего и заднего толчка в шаге, F_2 – минимальная нагрузка в одноопорную фазу переката, p_i – давление на i -м датчике стельки, n – количество датчиков в стельке, t – время (рис. 3).

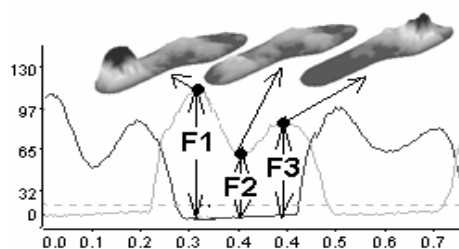


Рис.3. Вариант структуры переката через стопы при ходьбе

Основным темпом ходьбы при обследовании является средний – привычный для пациента; ходьба в другом темпе используется как дополнительная функциональная нагрузка. Оценку ОИ и вариантов их подгонки, надо проводить при одинаковом темпе ходьбы.

При регистрации данных в статике не допускается изменение позы (наклонов, поворотов головы, не обусловленного патологией подгибания конечности и др.), что вызывает изменение межконечностного (P_{MK}) и межзонального (P_{MZ}) распределения нагрузки и приводит к ошибке определения критериев оценки. Аналогичный эффект вызывает наличие в одежде пациента тяжелых предметов. При ходьбе погрешности измерений наблюдаются при внешних раздражителях – объекты или звуки, отвлекающих внимание пациента; небрежном закреплении кабелей измерительных стелек на теле; дополнительная опора – трости и костыли (если выполнение теста без них невозможно).

Ошибки могут быть связаны с неправильным выбором конструкции обуви для обследования. Параметры динамики плантарного давления зависят как от состояния опорно-двигательной системы, так и от конструкции обуви. Высокий каблук вызывает смещение нагрузки в передний отдел стопы, дефицит внутриобувного пространства – перегрузку в

пальцевой области, жесткая подошва – изменение структуры переката и т.д. Связанные с этим изменения динамоплантографических параметров не должны быть ошибочно приняты за проявление патологии. Поэтому при назначении ОИ требованием к обуви для обследований является отсутствие ее влияния на функциональность стопы. Но оценку эффективности ОИ следует выполнять в той обуви, в которой в дальнейшем будет использоваться изготовленное ОИ, или в обуви аналогичной конструкции. К сожалению, при обследовании такая обувь часто отсутствует. В этом случае будет ошибкой не предупредить пациента, что эффективность ОИ гарантируется только при использовании его в обуви соответствующей конструкции.

При обработке первичных данных ошибкой оператора может быть: игнорирование необходимости рассмотрения результатов в режиме усреднения данных различных периодов – шагов (см. рис. 1, пп. 5, 6) за вычетом периодов – артефактов (в частности, соответствующих поворотам для изменения направления ходьбы).

Другая категория ошибок связана с неправильной трактовкой результатов обследования (см. рис. 1, пп. 7, 8). Риск этих ошибок минимизируется, если все этапы были выполнены корректно. Если этого сделать не удалось, то при описании полученных результатов следует учитывать имеющиеся упущения, касающиеся особенностей конструкции обуви, использованной при оценке эффективности ОИ; различия в темпе ходьбы, при котором регистрировались данные для сравниваемых между собой ОИ или вариантов их подгонки; возможное влияние электропомех на результаты обследования.

К ошибкам при оценке показаний к назначению ОИ приводит недостаточный учет роли здоровой или более функциональной конечности в компенсации нарушений другой – патологически измененной. Аналогично этому, при оценке качества ОИ, необходимо учитывать, что изменение состояния БТС «стопа – ОИ» может быть нивелировано компенсаторной реакцией контралатеральной конечности. Кроме того, необходимо учитывать наличие деформации позвоночника, которая могла явиться следствием компенсаторной реакции на асимметрию длины конечностей и способна маскировать проявление первичной патологии.

Достаточно частая ошибка – оценка результатов обследования только по динамоплантограмме, траекториям проекции центра давления в мнемоконтуре стоп, графикам суммарной нагрузки на стопы или подограммам. Корректная трактовка результатов обследования может быть выполнена только при комплексном анализе всех этих характеристик, поскольку отклонение от нормы лишь одной из них часто наблюдается как проявление свободы выбора построения движения.

Таким образом, соблюдение мер, предотвращающих методические ошибки при динамоплантографических обследованиях, позволяет значительно повысить точность оценки эффективности ОИ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Смирнова Л.М.* Программно-аппаратные комплексы для оценки состояния стопы и опорно-двигательной функции: «Скан», «ДиаСлед», «ДиаСлед-Скан» Информационный журнал «РИАМЕД». Современные технологии в здравоохранении». – СПб. – 2007. – №1(19). – С.10–11.
2. Биотехнические системы. Теория и проектирование / В.М. Ахутин, А.П. Немирко, Н.Н. Першин и др. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981.
3. *Падерно П.И., Попечителев Е.П.* Надежность и эргономика биотехнических систем / Под общ. ред. проф. Е.П. Попечителева. – СПб.: ООО «Техномедиа», Изд-во «Элмор», 2007. – 264 с.