

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА И ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ, СПОСОБЫ РЕЗЕРВОМЕТРИИ

ОЦЕНКА ПОСТУРАЛЬНОЙ ФУНКЦИИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

УДК 612

¹Иванова Г.Е., ¹Скворцов Д.В., ²Климов Л.В.

¹ГБОУ ВПО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, г. Москва, Россия

²НИИ цереброваскулярной патологии и инсульта, г. Москва, Россия

POSTURAL FUNCTION EVALUATION IN CLINICAL PRACTICE

¹Ivanova G.E., ¹Skvortsov D.V., ²Klimov L.V.

¹GBOU VPO «russian national research medical university n.a. n.i. pirogov «russian ministry of healthcare, Moscow, Russia

²Research institute of cerebrovascular disease and stroke GBOU RNIMU n.a. N.I. Pirogov, Moscow, Russia

Введение

Нарушение баланса в вертикальной стойке и возможности самостоятельно передвигаться является частой причиной инвалидности, в том числе и в результате различных тяжелых заболеваний. В связи с тем, что функция равновесия является одной из базовых и важнейших для жизни, объективная диагностика ее патологии является актуальной в клинической практике в таких специальностях, как неврология, ортопедия-травматология, оториноларингология и других смежных. В этом отношении, изменения произошли относительно недавно, когда появились доступные объективные методы диагностики нарушений баланса тела в вертикальной стойке, которые вошли в соответствующие приказы и стандарты. При этом критерии о применении тех или иных методов (инструментальных, клинических) остаются недостаточно понятными практикующим врачам.

В настоящее время при оценке функции баланса используются следующие методы: клинический, клинические шкалы и инструментальные объективные методы.

Из объективных методов используются три основных (в хронологическом порядке): стабилметрия посредством либо стабилметрических платформ, либо пододинамометрических платформ и применение инерциальных сенсоров (Скворцов Д.В. с соавт. 2013). Возможности данных методов несколько отличаются, что подробно будет отражено ниже.

Значительный интерес для клиницистов представляет оценка посредством клинических шкал, как наиболее простой способ придать объективность субъективному индивидуальному восприятию. Однако, оценка баланса в вертикальной стойке клиническими шкалами имеет свои особенности. Нужно понимать, что, собственно, оценивается. Возможно, что клиницист подвергает оценке только одну из систем, отвечающих за баланс.

На сегодняшний день для оценки баланса в клинической и, в частности, неврологической практике, наиболее распространенными являются следующие шкалы:

- Berg balance scale
- Dynamic Gait Index
- The Fugl-Meyer Assessment (FMA)
- Gait and Balance Scale
- Massachusetts General Hospital Functional Ambulation Classification
- Timed Up & Go Test
- Tinetti Scale
- Rivermead Mobility Index
- Postural Assessment Scale for Stroke Patients

Рассмотрим более подробно некоторые из этих шкал.

Berg balance scale является шкалой, которая весьма удобна в применении (Berg K., et al 1992), однако в литературе не приводятся результаты корреляции данной шкалы и объективных инструментальных методов исследования, хотя эта шкала достаточно часто используется (Черникова Л.А. с соавт. 2004). При этом сама шкала была первично проверена для лиц стар-

шего возраста (Yelnik A., Bonan I. 2008). Однако, высокая степень неопределенности между двумя близкими оценками – частый вариант, который встречается в работе с данной шкалой. Отмечаются ограничения этой шкалы такие, как эффект высокого разброса показателей, что уменьшает чувствительность у больных со значительными двигательными нарушениями, и, в частности, при последствиях церебрального инсульта (Oliveira C.B. et al 2008). Это является результатом того, что данная шкала оценивает лишь возможность поддержания равновесия при выполнении команд исследователя, что вероятно связано с исходным назначением данной шкалы (оценка баланса у лиц пожилого возраста), а также широкий разброс баллов оценки, не позволяющий точно выявить, вследствие какого компонента происходит нарушение функции поддержания равновесия.

Dynamic Gait Index – оценивает способности человека удерживать баланс и ходить при выполнении внешних команд. Данный тест используется у пациентов с вестибулярными нарушениями, после инсульта и с болезнью Паркинсона (Jonsdottir J., Cattaneo D. 2007). Однако, по своему качеству, данные, получаемые в результате проведения этого теста, с трудом могут быть применены для построения реабилитационной программы, несмотря на высокие данные корреляции ($r=0,83$) с Berg Balance Scale, полученные в исследовании (Jonsdottir, J., Cattaneo D. 2007). Это связано с трудностью интерпретации результатов теста: за счет, какой компенсации пациент способен выполнить команду инструктора? Другое существенное ограничение данного теста в том, что он может быть применен только для тех пациентов, которые могут ходить без средств дополнительной опоры (Oliveira C.B. et al 2008).

Индекс Fugl-Meyer Assessment (FMA) (Fugl-Meyer A.R. et al 1975) создан для оценки двигательной функции, баланса, сенситивной функции у пациентов с постинсультной гемиплегией. Данная шкала считается надежной для оценки моторных функций и равновесия, однако клиницистами оценивается как достаточно трудоемкая и занимающая много времени. Специализацию шкалы на одной патологии так же можно расценивать двояко, как достоинство, если необходима оценка постинсультных больных и недостаток, если речь идет о другой патологии.

Timed Up&Go Test разработан (Podsiadlo D., Richardson S. 1991) для оценки ходьбы, равновесия и баланса у пожилых. Тест получил достаточно широкое распространение в оценке данной функции как у пациентов с ДЦП, болью в спине, так и после инсульта (Andersson A.G., et al. 2006). Показана высокая корреляция данного теста ($r=0,92$) с 6-Minute Walk Test (Flansbjerg U.B. et al, 2005). Однако, оценивая результаты этого теста, не представляется возможным понять, за счет каких компенсаторных механизмов пациент выполняет ту или иную инструкцию. При этом (Yelnik A., Bonan I. 2008) считают данный тест одним из самых простых и наиболее надежных. Другое исследование отмечает, что результаты теста могут существенно изменяться у лиц пожилого возраста при наличии когнитивных изменений (Oliveira C.B. et al 2008). Кроме этого, он обращен относительно к небольшому числу аспектов нарушения баланса.

Специализированная шкала Postural Assessment Scale for Stroke Patients (PASS) адаптирована из BL Motor Assessment, проста в использовании и может быть рекомендована для оценки состояния баланса у больных с недавно перенесенным церебральным

инсультом (Yelnik A., Bonan I. 2008). Ограничения для нее в доступной литературе не описаны (Oliveira C.B. et al 2008). В исследовании (Benaim C. et al 1999) показана высокая корреляция с Functional Independence Measure (FIM) баллов ($r=0,73$; $P=10^{-6}$), с инструментальными методами оценки постуральной устойчивости ($r=0,48$; $P=10^{-2}$), высокая внутренняя согласованность (Cronbach α -coefficient = 0,95).

Как видно из данного краткого обзора, клинические шкалы имеют в своей основе оценку совершенно иных функций, чем это делает прямая регистрация процесса поддержания баланса тела. Изучение сопоставимости результатов оценки двигательной функции посредством объективных, инструментальных, биомеханических методов показало неоднозначность и разную репрезентативность результатов получаемых посредством клинических шкал.

Так исследование корреляции шкал баланса (BS), Tinetti и ряда других с данными, получаемыми посредством стабилметрической платформы у обследуемых старшего возраста (Berg K.O. et al 1992) показало низкую корреляцию. Шкала баланса (BS) имеет корреляцию с коэффициентом 0,55. Очень близкий результат, но немного ниже дала шкала Tinetti. Остальные применяемые шкалы дали результаты еще ниже. При этом, тест Tinetti, хотя и широко распространен, тем не менее, имеет репутацию весьма приблизительного (Yelnik A., Bonan I. 2008).

Исследование вероятности падения посредством шкал и регистрации биомеханики процесса шага с помощью динамометрической платформы (Michel-Pellegrino V. et al 2007) так же дало существенные отличия. Обнаружено, что шкала Tinetti не коррелирует с вероятностью падения в последующие 6 мес. в сравнении с данными с динамометрической платформы. Корреляция была изучена для Mini Mental Scale test (MMS) и Geriatric Depression Scale (GDS).

Вопрос в отношении количественных параметров, получаемых с помощью стабилметрической или динамометрической платформы – какими из них пользоваться остается актуальным для практикующих врачей. Число различных расчетных показателей, предлагаемых авторами, составляет не одну сотню. Многие из них разработаны для конкретных целей и нозологий. Ряд из таких показателей имеют сложный физический смысл и не менее сложные формулы расчета. Вообще, сложность математики вычисления показателя, как правило, не способствует, клиническому пониманию того, что этот показатель отражает. В этом отношении, гораздо удобнее прямые параметры, выдаваемые прибором. Для стабилметрии это: собственно, координаты положения средней проекции центра тяжести на плоскость опоры; амплитуда колебаний по «X» и «Y» около этого среднего положения; средняя скорость движения проекции центра тяжести и площадь статокинезиограммы.

Тест Ромберга (регистрация в положении открытые и закрытые глаза) хорошо характеризует баланс между зрительной и проприоцептивной системами. Показатель – коэффициент Ромберга рассчитывается, как отношение площади статокинезиограммы в положении с закрытыми глазами, к таковой же с открытыми глазами, выраженный в %.

Основные нормативы для базовых стабилметрических параметров представлены в таблице 1 (исследование в Европейском стандарте).

Таблица 1. Нормативные данные (тест Ромберга) для положения стопы вместе. Где QR – коэффициент Ромберга; «X», «Y» – координаты проекции центра тяжести тела; «x», «y» – амплитуда колебаний около среднего положения; «V» – скорость перемещения проекции центра тяжести тела; S90 – площадь статокинезиограммы с 90% доверительным интервалом.

Обозн, (ед.)	Глаза открыты		Глаза закрыты	
	Среднее	m	Среднее	m
QR (%)	217,2	20,5		
X (мм)	-6,1	0,9	-7,3	1,1
Y (мм)	-53,5	2,3	-53,3	2,5
x (мм)	4,3	0,5	7,5	1,0
y (мм)	7,6	1,0	15,7	2,3
V (мм/с)	6,2	0,1	9,5	0,4
S90 (мм ²)	37,9	3,8	78,4	9,4

Более подробные нормативные данные опубликованы в специализированных монографиях (Скворцов 2007 и 2010).

Другой метод исследования баланса получил развитие совсем недавно – это регистрация колебаний тела человека или любого из его сегментов с помощью миниатюрных датчиков безплатформенной ориентации, которые достаточно сложно устроены, но для данной цели используются, как правило, прямые данные акселерометрических сенсоров. Последние в такого типа устройствах смонтированы в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Таким образом, колебания тела человека регистрируются в пространстве. Данный метод диагностики имеет свои преимущества перед другими. Приборы такого типа сегодня, как правило, портативны, работают автономно от собственной батареи, при этом данные могут либо записываться на внутреннюю память, либо передаваться в реальном режиме времени по радиоканалу. Еще несколько лет назад подобного рода устройства имели изрядный вес и работали только по кабелю (Gill J. et al. 2001; Moe-Nilssen R., Helbostad J.L. 2002; Adkin A.L., Allum J.H.J., Bloem B.R. 2005; Hegeman J. 2007).

Метод акселерометрии, вообще существенно чувствительнее для регистрации различных колебаний, чем посредством стабилметрических или пододинамометрических платформ (Whitney S.L. et al. 2011; Mancini M. et al. 2011; Martinez-Mendez R., Sekine M., Tamura T. 2012), что позволяет получать больше информации и исследовать колебания в широком спектре частот. Есть у метода акселерометрической стабилметрии и свои ограничения – отсутствуют показатели положения проекции центра тяжести тела на плоскость опоры. Для клинициста остается важным тот факт, что устойчивость баланса тела человека, в положении стоя, сидя, при ходьбе и других локомоциях теперь можно исследовать технически простым методом (рис. 1.).

Это важно не только в клинических условиях, но и в бытовых. Стало возможным измерять количество движения, которое выполняет тот или иной человек в течение суток и более. Здесь имеется и прямой выход на клинические задачи – это объективная оценка количества физической нагрузки для пациента во время занятий ЛФК, бытовых действий, и т.д. Первые такие



Рис. 1. Внешний вид обследуемого во время регистрации, на крестце фиксирован сенсор «Траст-М» (компания «Неврокор», г. Москва).

исследования были проведены еще с помощью проводных систем (Allum J.H., Carpenter M.G. 2005; Adkin A.L., Allum J.H.J., Bloem B.R. 2005). Проведенные пилотные сравнения регистрации параметров баланса посредством трехкомпонентной акселерометрии показали так же и высокую корреляцию с клиническими тестами, в частности – Berg Balance Scale, Timed Up and Go test (O'Sullivan M. et al. 2009). Положительные результаты были получены при сравнении акселерометрической методики регистрации эффективности выполнения упражнения «сесть-встать» и посредством традиционных динамометрических платформ у больных, после перенесенного церебрального инсульта (Janssen W.G. et al. 2008).

Другая сторона таких технологий – возможность объективной регистрации тремора любого сегмента тела во всем диапазоне частот (Rigas G. et al. 2012; Veluvolu K.C., Ang W.T. 2011). Такие исследования стали доступны относительно недавно (Deuschl G. et al. 2000). Или регистрация функции конечности, в частности, после перенесенного церебрального инсульта (Uswatte G. et al. 2000). Данная технология делает возможным быструю и недорогую оценку двигательных нарушений в процессе лечения (Teskey W.J., Elhabiby M., El-Sheimy N. 2012) или оценки действия фармакотерапии (Tsipouras M.G. et al. 2012).

В связи с технической возможностью регистрации показателей баланса и других движений появился новый термин – актиграфия или, другое название актиметрия [<http://en.wikipedia.org/wiki/Actigraphy>]. Соответственно и приборы, которые выполняют актиметрию [<http://www.theactigraph.com/>]. Выполнено ряд работ, которые позволяют использовать данные приборы, как в бытовой, так и в клинической практике (Bussmann J.B. et al. 2001; Brandes M. et al. 2012; Maetzler W. et al. 2012; El-Zayat B.F. et al. 2011; Maddison R. et al. 2009). Не отстают и отечественные разработчики (www.neurocor.ru).

В таблице 2 приведены нормативные результаты при использовании акселерометрической стабилметрии для положения «глаза открыты» по данным Загородного Н.В. с соавт. (2013).

В вертикальной плоскости можем отметить основные колебания на частоте около 8 и 13 Гц почти рав-

Таблица 2. Показатели пространственной стабилотрии для положения «глаза открыты». Ускорения в «g», частота в Гц. Даны значения средней «М», и среднеквадратического отклонения – σ.

Показатель		X1g10-4	X1Гц	X2g10-4	X2 Гц
Вертикальная плоскость	М	4,6	8,37	4,4	13,4
	σ	0,7	2,87	0,5	4,37
Фронтальная плоскость	М	5,4	7,0	4,4	11,62
	σ	1,2	3,16	0,5	2,97
Сагиттальная плоскость	М	11	0,0	5,6	7,0
	σ	0,3	0,0	0,5	4,1

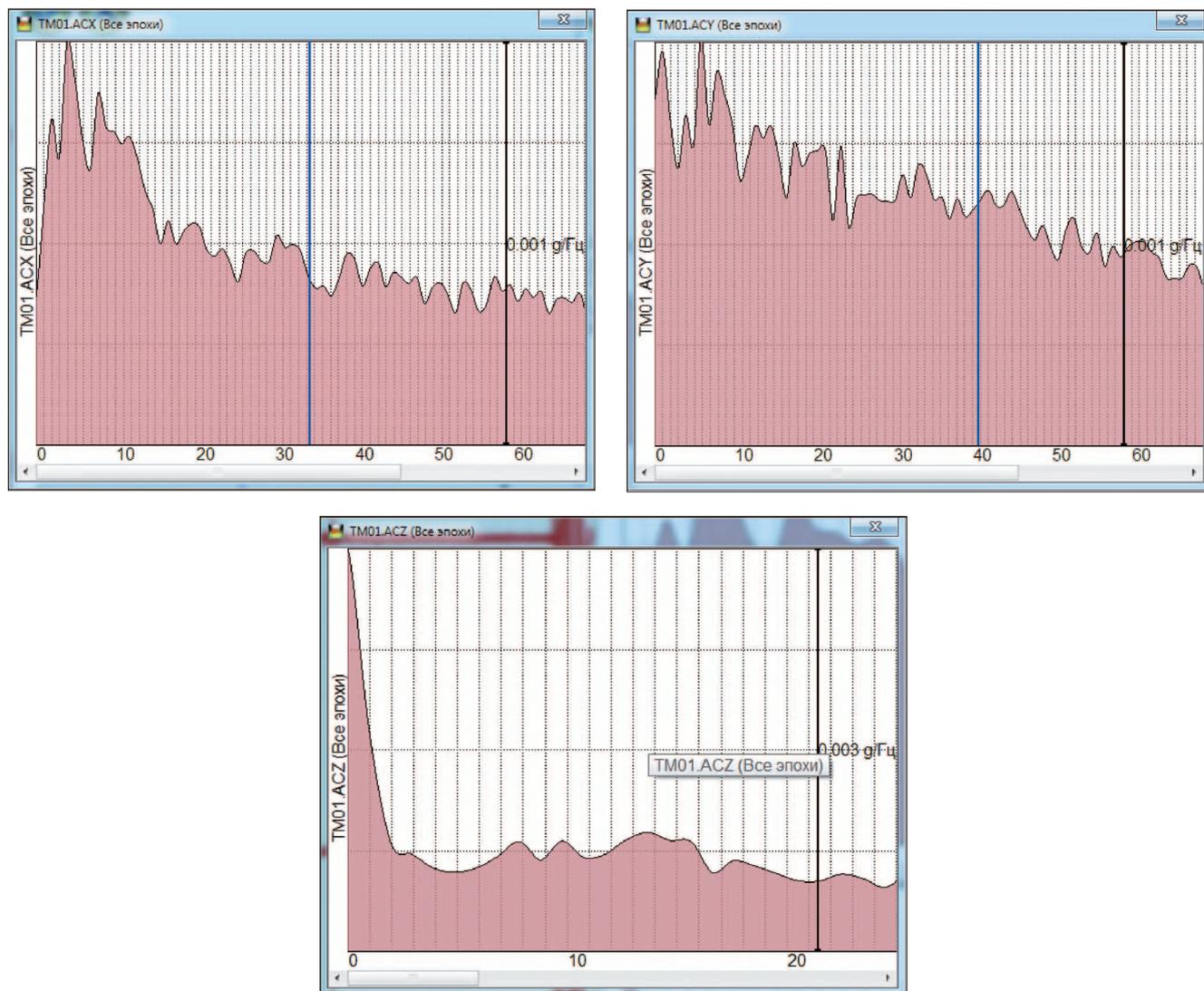


Рис. 2. Типичный график спектра частот по трём составляющим (слева направо X, Y, Z или – вертикальная, фронтальная и сагиттальная плоскости). По горизонтали – частота колебаний в Герцах, по вертикали – амплитуда в g.

ной амплитуды. Колебания во фронтальной плоскости демонстрируют близкие по значению амплитуды и частоты. Сагиттальная плоскость характеризуется низкочастотными колебаниями, которые существенно ниже 1 Гц. В результате само значение не верифицируется программным обеспечением (старая версия 2013 года), поскольку график начинается непосредственно от значения 0 Гц. При этом, в соответствии с фундаментальными закономерностями (Скворцов Д.В. 2007), амплитуда основного колебания, в среднем, в два раза превышает таковое для других направлений.

На рисунке 2 представлены типичные графики спектра частот по всем трем составляющим. Графики для плоскостей X и Y близки даже по внешнему виду. При этом график для сагиттальных колебаний (Z) значительно отличается за счет преобладания основных колебаний в низкочастотной части спектра.

Прежде всего, необходимо отметить, что стабилотрическое исследование по данной методике проводится существенно легче, чем традиционная стабилотметрия, как минимум, за счет того, что нет необходимости в установке стоп обследуемого в определенное

положение и в использовании самой платформы, как прибора, имеющего существенные размеры и вес.

Вертикальный компонент колебаний занимает существенную часть в процессе поддержания вертикальной стойки и аналогичен таковому для колебаний во фронтальной плоскости. В обоих направлениях колебания обладают наибольшей ведущей частотой. Колебания наименьшей частоты зафиксированы в сагиттальной плоскости. Данный результат не является неожиданным, поскольку для баланса в вертикальной стойке в норме используется голеностопная стратегия (Horak F., Nashner L., 1986). Это, собственно, наиболее видимые колебания. Фронтальная плоскость обладает колебаниями заметно более высокой частоты. Как и практически не анализируемая в клинической стабиллометрии вертикальная составляющая. Существенность колебаний в вертикальной плоскости для клинической диагностики уже приводилась в отечественной литературе (Скворцов Д.В. 2007). В данном случае, результаты пространственной стабиллометрии также демонстрируют высокий удельный вес вертикальных колебаний в поддержании баланса тела в вертикальной стойке.

Кроме этого, как справедливо отмечается в работе (Mancini M. et al., 2012) традиционная стабиллометрия – метод дорогой и требующий специальных условий. Акселерометрия может быть хорошей альтернативой традиционной стабиллометрии. Обнаружено, что акселерометрическая стабиллометрия имеет высокую корреляцию с одним из самых чувствительных инструментальных методов исследования баланса – тестом сенсорной организации (Whitney S.L., 2011).

Обсуждение

Применяющиеся сегодня шкалы оценки функции баланса в вертикальной стойке в большинстве случаев носят субъективный характер и не коррелируют с данными, получаемыми при инструментальном обследовании. При анализе шкал, оценивающих равновесие, выявляются следующие тенденции:

- Шкалы для оценки равновесия носят как специфический характер (разработаны для пациентов определенных нозологий), так и используются шкалы, «пришедшие» из других клинических групп пациентов.
- Проведенный анализ показал, что в настоящее время в клинических тестах не происходит разделения структурных компонентов, психо-социальных компонентов и собственно функции.
- При широком распространении шкал, критерием эффективности лечения для клиницистов, чаще всего достаточно самого факта возможности сохранения баланса пациентом. Тем самым, закладываются основы для закрепления и усугубления имеющихся двигательных расстройств, т.к. повторение патологических двигательных образов приводит к их закреплению.

Следовательно, оценка эффективности проведенных реабилитационных программ носит достаточно общий характер и не позволяет выявить ту непосредственно составляющую, на которую должно производиться воздействие с целью коррекции нарушенной функции.

С другой стороны, на медицинском рынке имеются методы объективной диагностики нарушений баланса тела в вертикальной стойке. Данные методы позволяют получить точную количественную и качественную информацию о нарушении различных систем контроля баланса. Более того, существующие специализированные диагностические тесты (Скворцов Д.В. 2007) позволяют проводить дифференциальную диагностику различных состояний, включая ранние доклинические формы. В этом отношении, инструментальные показатели баланса, как и любые функциональные показатели, являются не только объективными, но и чувствительными. Последнее обстоятельство позволяет при исследовании в динамике (что не является затратным) перейти к фактическому управлению процессом восстановления для широкого круга больных с патологией опорно-двигательной, центральной и периферической нервной систем.

Однако, применение методов объективной диагностики расстройств функции равновесия пока не нашло отражения в стандартах, клинических рекомендациях и соответствующих приказах Министерства Здравоохранения РФ. Данное обстоятельство является организационным препятствием целенаправленному применению объективных методов диагностики нарушений баланса в вертикальной стойке и других положениях тела. При этом в приказе от 29 декабря 2012 г. № 1705н «О порядке организации медицинской реабилитации» предусмотрено соответствующее оснащение отделений реабилитации методами стабиллометрии. Однако, по контексту можно предположить их ориентацию только на проведение тренировки с биологической обратной связью (БОС). Конечно, и эта задача так же требует оценки эффективности данных мероприятий, которые легко выполнимы, поскольку любой прибор, осуществляющий тренировку равновесия с БОС позволяет провести и диагностическое исследование. Остаются не решенными только организационные вопросы интеграции диагностики нарушений баланса в процесс реабилитации.

Так же, следует отметить, что до настоящего времени не сложилась система образования специалистов, занимающихся вопросами постурологии, а те учреждения, которые имеют в своем составе лабораторию биомеханики и анализа баланса, часто бывают оторваны от клинической практики. Данные вопросы являются предметом будущей работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Загородний Н.В., Поляев Б.А., Скворцов Д.В., Карпович Н.И., Дамаж А.В. Пространственная стабиллометрия посредством трёхкомпонентных телеметрических акселерометров. ЛФК и спортивная медицина, №3, 2013, с. 4–10.
2. Скворцов Д.В., Иванова Г.Е., Поляев Б.А., Стаховская Л.В. Диагностика и тестирование двигательной патологии инструментальными средствами. Вестник восстановительной медицины. №5, 2013, с. 74–78.
3. Скворцов Д.В. – Стабиллометрическое исследование. Москва, Маса, 2010, 176 с.
4. Скворцов Д.В. – Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабиллометрия. Москва, Т.М. Андреева, 2007, 617 с.
5. Черникова Л.А., Устинова К.И., Иоффе М.Е., Ермолаева Ю.А., Слива С.С., Девликанов Э.О., Переяслов Г.А. Биоуправление по стабиллограмме в клинике нервных болезней. Бюллетень СО РАМН. №3 (113), г. 2004, 85–91
6. Adkin A.L., Allum J.H.J., Bloem B.R. Trunk sway measurements during stance and gait tasks in Parkinson's disease. Gait and Posture 2005, 22: 240–249
7. Allum J.H., Carpenter M.G. A speedy solution for balance and gait analysis angular velocity measured at the centre of body mass. Curr Opin Neurol. 2005; 18:15–21

8. Andersson, A.G., Kamwendo, K., Appelros P. (2006). «How to identify potential fallers in a stroke unit: validity indexes of 4 test methods». *J Rehabil Med* 38 (3): 186–191.
9. Benaim C., Pérennou D.A., Villy J., Rousseaux M., Pelissier J.Y. – Validation of a standardized assessment of postural control in stroke patients: the Postural Assessment Scale for Stroke Patients (PASS). *Stroke*. 1999 Sep; 30 (9):1862–8.
10. Berg K.O., Maki B.E., Williams J.I., Holliday P.J., Wood-Dauphinee S.L. – Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehabil*. 1992 Nov; 73 (11): 1073–80.
1. Brandes M., van Hees V.T., Hannöver V., Brage S. Estimating Energy Expenditure from Raw Accelerometry in Three Types of Locomotion. *Med Sci Sports Exerc*. 2012 Nov; 44 (11): 2235–42.
2. Bussmann J.B., Martens W.L., Tulen J.H., Schasfoort F.C., van den Berg-Emons H.J., Stam H.J. Measuring daily behavior using ambulatory accelerometry: the Activity Monitor. *Behav Res Methods Instrum Comput*. 2001 Aug; 33 (3): 349–56.
11. Deuschl G, Wenzelburger R, Löffler K, Raethjen J, Stolze H. Essential tremor and cerebellar dysfunction clinical and kinematic analysis of intention tremor. *Brain*. 2000 Aug; 123 (Pt 8): 1568–80.
12. El-Zayat B.F., Efe T., Heidrich A., Wolf U., Timmesfeld N., Heyse T.J., Lakemeier S., Fuchs-Winkelmann S., Schofer M.D. Objective assessment of shoulder mobility with a new 3D groscope—a validation study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2011 Jul 21; 12: 168.
13. Flansbjerg U.B., Holmbäck A.M., Downham D., Patten C., Lexell J. Reliability of gait performance tests in men and women with hemiparesis after stroke. *J Rehabil Med*. 2005 Mar; 37 (2): 75–82.
14. Fugl-Meyer A.R., Jaasko L., Leyman I., Olsson S., Steglind S. The post-stroke hemiplegic patient. 1. A method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehabil Med* 1975; 7:13–3.
15. Gill J., Allum J.H.J., Carpenter M.G., Held-Ziolkowska M., Honegger F., Pierchala K. Trunk sway measures of postural stability during clinical balance tests: effects of age. *J. Gerontology* 2001, 56A: M438–M447.
16. Janssen W.G., Külcü D.G., Horemans H.L., Stam H.J., Bussmann J.B. Sensitivity of accelerometry to assess balance control during sit-to-stand movement. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2008 Oct; 16 (5): 479–84.
17. Jonsdottir J., Cattaneo D. Reliability and validity of the dynamic gait index in persons with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007 Nov; 88(11):1410–5.
18. Hegeman J, Shapkova E, Honegger F, Allum JHJ. Effect of age and height on trunk sway during stance and gait. *J Vest Res* 2007, 17:75–87.
19. Horak F, Nashner L., Central Programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configuration // *J. Neurophysiol.*— 1986.— N55. – P. 1369–1381.
20. Maddison R., Jiang Y., Hoorn S.V., Mhurchu C.N., Lawes C.M., Rodgers A., Rush E. Estimating energy expenditure with the RT3 triaxial accelerometer. *Res Q Exerc Sport*. 2009 Jun; 80 (2): 249–56.
21. Mancini M., Horak FB, Zampieri C, Carlson-Kuhta P, Nutt JG, Chiari L. Trunk accelerometry reveals postural instability in untreated Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord*. 2011 Aug; 17 (7): 557–62.
22. Mancini M, Salarian A, Carlson-Kuhta P, Zampieri C, King L, Chiari L, Horak FB. iSway: a sensitive, valid and reliable measure of postural control. *J Neuroeng Rehabil*. 2012 Aug 22; 9:59.
23. Maetzler W, Mancini M, Liepelt-Scarfone I, Müller K, Becker C, van Lummel R.C., Ainsworth E., Hobert M., Streffer J., Berg D., Chiari L. Impaired trunk stability in individuals at high risk for Parkinson's disease. *PLoS One*. 2012; 7(3): e32240. Epub 2012 Mar 23. Jun; 80 (2): 249–56.
24. Martinez-Mendez R., Sekine M., Tamura T. Postural sway parameters using a triaxial accelerometer: comparing elderly and young healthy adults. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2012 Sep; 15 (9): 899–910. Epub 2011 May 24.
25. Michel-Pellegrino V., Hewson D.J., Drieux M., Duchêne J. – Evaluation of the risk of falling in institution-dwelling elderly: clinical tests versus biomechanical analysis of stepping-up. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2007; 2007: 6122–5.
26. Moe-Nilssen R., Helbostad J.L. Trunk accelerometry as a measure of balance control during quiet standing. *Gait Posture*. 2002 Aug; 16 (1): 60–8.
27. Oliveira C.B., Medeiros I.R., Frota N.A., Greters M.E., Conforto A.B. Balance control in hemiparetic stroke patients: main tools for evaluation. *J Rehabil Res Dev*. 2008; 45 (8): 1215–26.
28. O'Sullivan M, Blake C, Cunningham C, Boyle G, Finucane C. Correlation of accelerometry with clinical balance tests in older fallers and non-fallers. *Age Ageing*. 2009 May; 38 (3): 308–13. Epub 2009 Feb 28.
29. Podsiadlo, D., Richardson, S. (1991). «The timed «Up & Go»: a test of basic functional mobility for frail elderly persons.» *J Am Geriatr Soc* 39 (2): 142–148.
30. Rigas G, Tzallas AT, Tsipouras MG, Bougia P, Tripoliti EE, Baga D, Fotiadis DI, Tsouli SG, Konitsiotis S. Assessment of tremor activity in the Parkinson's disease using a set of wearable sensors. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*. 2012 May; 16 (3): 478–87. Epub 2012 Jan 2.
31. Teskey W.J., Elhabiby M., El-Sheimy N. Inertial Sensing to Determine Movement Disorder Motion Present before and after Treatment. *Sensors (Basel)*. 2012; 12 (3): 3512–27. Epub 2012 Mar 12.
32. Tsipouras MG, Tzallas AT, Rigas G, Tsouli S, Fotiadis DI, Konitsiotis S. An automated methodology for levodopa-induced dyskinesia: assessment based on gyroscope and accelerometer signals. *Artif Intell Med*. 2012 Jun; 55(2):127–35. Epub 2012 Apr 7.
33. Uswatte G., Milntner W.H., Foo B., Varma M., Moran S., Taub E. Objective measurement of functional upper-extremity movement using accelerometer recordings transformed with a threshold filter. *Stroke*. 2000 Mar; 31 (3): 662–7.
34. Veluvolu K.C., Ang W.T. Estimation of physiological tremor from accelerometers for real-time applications. *Sensors (Basel)*. 2011; 11(3): 3020–36. Epub 2011 Mar 7.
35. Whitney S.L., Roche JL, Marchetti GF, Lin CC, Steed DP, Furman GR, Musolino MC, Redfern MS. A comparison of accelerometry and center of pressure measures during computerized dynamic posturography: a measure of balance. *Gait Posture*. 2011 Apr; 33(4): 594–9. Epub 2011 Feb 17.
36. Yelnik A., Bonan I. Clinical tools for assessing balance disorders. *Neurophysiol Clin*. 2008 Dec; 38 (6): 439–45.

REFERENCES:

1. Zagorodniy N.V., Polyayev B.A., Skvortsov D.V., Karpovich N.I., Damazh A.V. [Spatial stabilometry by three-telemetric accelerometers.] *LFK i sportivnaya meditsina*, №3, 2013, p. 4–10. [Therapeutic exercise and sport medicine]
2. Skvortsov D.V., Ivanova G.E., Polyayev B.A., Stakhovskaya L.V. [Diagnosis and testing of locomotor pathology using toolware.] *Vestnik Vosstanovitelnoy Mediciny (VVM) Journal*. №5, 2013, p. 74–78.
3. Skvortsov D.V. – [Stabilometric research]. Moscow, Maska, 2010, 176 p.
4. Skvortsov D.V. – [Diagnosis of locomotor pathology with toolware: gait analysis, stabilometry.] Moscow, T.M. Andreeva, 2007, 617 p.
5. Chernikova L.A., Ustinova K.I., Ioffe M.E., Ermolaeva YU.A., Sliva S.S., Devlikanov E.O., Pereyaslov G.A. [Stabilogramm Biofeedback in the clinic specialized on diseases of nervous system.] *Russian Academy of Medical Sciences bulletin*. №3(113), 2004, 85–91.
6. Adkin A.L., Allum J.H.J., Bloem B.R. Trunk sway measurements during stance and gait tasks in Parkinson's disease. *Gait and Posture* 2005, 22: 240–249.
7. Allum J.H., Carpenter M.G. A speedy solution for balance and gait analysis angular velocity measured at the centre of body mass. *Curr Opin Neurol*. 2005; 18: 15–21.
8. Andersson, A.G., Kamwendo, K., Appelros P. (2006). «How to identify potential fallers in a stroke unit: validity indexes of 4 test methods.» *J Rehabil Med* 38 (3): 186–191.
9. Benaim C., Pérennou D.A., Villy J., Rousseaux M., Pelissier J.Y. - Validation of a standardized assessment of postural control in stroke patients: the Postural Assessment Scale for Stroke Patients (PASS). *Stroke*. 1999 Sep; 30 (9):1862–8.
10. Berg K.O., Maki B.E., Williams J.I., Holliday P.J., Wood-Dauphinee S.L. - Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehabil*. 1992 Nov; 73 (11):1073–80.
11. Brandes M., van Hees V.T., Hannöver V., Brage S. Estimating Energy Expenditure from Raw Accelerometry in Three Types of Locomotion. *Med Sci Sports Exerc*. 2012 Nov; 44 (11): 2235–42.
12. Bussmann J.B., Martens W.L., Tulen J.H., Schasfoort F.C., van den Berg-Emons H.J., Stam H.J. Measuring daily behavior using ambulatory accelerometry: the Activity Monitor. *Behav Res Methods Instrum Comput*. 2001 Aug; 33 (3): 349–56.

13. Deuschl G, Wenzelburger R, Löffler K, Raethjen J, Stolze H. Essential tremor and cerebellar dysfunction clinical and kinematic analysis of intention tremor. *Brain*. 2000 Aug; 123 (Pt 8): 1568–80.
14. El-Zayat B.F., Efe T., Heidrich A., Wolf U., Timmesfeld N., Heyse T.J., Lakemeier S., Fuchs-Winkelmann S., Schofer M.D. Objective assessment of shoulder mobility with a new 3D gyroscope-a validation study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2011 Jul 21; 12: 168.
15. Flansbjerg U.B., Holmbäck A.M., Downham D., Patten C., Lexell J. Reliability of gait performance tests in men and women with hemiparesis after stroke. *J Rehabil Med*. 2005 Mar; 37 (2): 75–82.
16. Fugl-Meyer A.R., Jaasko L., Leyman I., Olsson S., Steglind S. The post-stroke hemiplegic patient. 1. A method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehabil Med* 1975; 7: 13–3.
17. Gill J., Allum J.H.J., Carpenter M.G., Held-Ziolkowska M., Honegger F., Pierchala K. Trunk sway measures of postural stability during clinical balance tests: effects of age. *J Gerontology* 2001, 56A: M438–M447.
18. Janssen W.G., Külcü D.G., Horemans H.L., Stam H.J., Bussmann J.B. Sensitivity of accelerometry to assess balance control during sit-to-stand movement. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2008 Oct; 16 (5): 479–84.
19. Jonsdottir J., Cattaneo D. Reliability and validity of the dynamic gait index in persons with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007 Nov; 88 (11): 1410–5.
20. Hegeman J, Shapkova E, Honegger F, Allum JHJ. Effect of age and height on trunk sway during stance and gait. *J Vest Res* 2007, 17:75–87.
21. Horak F., Nashner L., Central Programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configuration // *J. Neurophysiol.* – 1986. – №55. – P. 1369–1381.
22. Maddison R., Jiang Y., Hoorn S.V., Mhurchu C.N., Lawes C.M., Rodgers A., Rush E. Estimating energy expenditure with the RT3 triaxial accelerometer. *Res Q Exerc Sport*. 2009 Jun; 80(2):249–56.
23. Mancini M., Horak FB, Zampieri C, Carlson-Kuhta P, Nutt JG, Chiari L. Trunk accelerometry reveals postural instability in untreated Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord*. 2011 Aug; 17 (7): 557–62.
24. Mancini M, Salarian A, Carlson-Kuhta P, Zampieri C, King L, Chiari L, Horak FB. iSway: a sensitive, valid and reliable measure of postural control. *J Neuroeng Rehabil*. 2012 Aug 22; 9: 59.
25. Maetziel W., Mancini M., Liepelt-Scarfone I., Müller K., Becker C., van Lummel R.C., Ainsworth E., Hobert M., Streffer J., Berg D., Chiari L. Impaired trunk stability in individuals at high risk for Parkinson's disease. *PLoS One*. 2012; 7 (3): e32240. Epub 2012 Mar 23. Jun; 80 (2): 249–56.
26. Martinez-Mendez R., Sekine M., Tamura T. Postural sway parameters using a triaxial accelerometer: comparing elderly and young healthy adults. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2012 Sep; 15 (9): 899–910. Epub 2011 May 24.
27. Michel-Pellegrino V., Hewson D.J., Drieux M., Duchêne J. – Evaluation of the risk of falling in institution-dwelling elderly: clinical tests versus biomechanical analysis of stepping-up. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2007; 2007: 6122–5.
28. Moe-Nilssen R., Helbostad J.L. Trunk accelerometry as a measure of balance control during quiet standing. *Gait Posture*. 2002 Aug; 16 (1): 60–8.
29. Oliveira C.B., Medeiros I.R., Frota N.A., Greters M.E., Conforto A.B. Balance control in hemiparetic stroke patients: main tools for evaluation. *J Rehabil Res Dev*. 2008; 45 (8): 1215–26.
30. O'Sullivan M, Blake C, Cunningham C, Boyle G, Finucane C. Correlation of accelerometry with clinical balance tests in older fallers and non-fallers. *Age Ageing*. 2009 May; 38 (3): 308–13. Epub 2009 Feb 28.
31. Podsiadlo, D., Richardson, S. (1991). «The timed «Up & Go»: a test of basic functional mobility for frail elderly persons.» *J Am Geriatr Soc* 39(2): 142–148.
32. Rigas G, Tzallas AT, Tsiouras MG, Bougia P, Tripoliti EE, Baga D, Fotiadis DI, Tsouli SG, Konitsiotis S. Assessment of tremor activity in the Parkinson's disease using a set of wearable sensors. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*. 2012 May; 16(3):478–87. Epub 2012 Jan 2.
33. Teskey W.J., Elhabiby M., El-Sheimy N. Inertial Sensing to Determine Movement Disorder Motion Present before and after Treatment. *Sensors (Basel)*. 2012; 12 (3): 3512–27. Epub 2012 Mar 12.
34. Tsiouras MG, Tzallas AT, Rigas G, Tsouli S, Fotiadis DI, Konitsiotis S. An automated methodology for levodopa-induced dyskinesia: assessment based on gyroscope and accelerometer signals. *Artif Intell Med*. 2012 Jun; 55 (2):127–35. Epub 2012 Apr 7.
35. Uswatte G., Miltner W.H., Foo B., Varma M., Moran S., Taub E. Objective measurement of functional upper-extremity movement using accelerometer recordings transformed with a threshold filter. *Stroke*. 2000 Mar; 31 (3): 662–7.
36. Veluvolu K.C., Ang W.T. Estimation of physiological tremor from accelerometers for real-time applications. *Sensors (Basel)*. 2011; 11 (3): 3020–36. Epub 2011 Mar 7.
37. Whitney S.L., Roche JL, Marchetti GF, Lin CC, Steed DP, Furman GR, Musolino MC, Redfern MS. A comparison of accelerometry and center of pressure measures during computerized dynamic posturography: a measure of balance. *Gait Posture*. 2011 Apr; 33 (4): 594–9. Epub 2011 Feb 17.
38. Yelnik A., Bonan I. Clinical tools for assessing balance disorders. *Neurophysiol Clin*. 2008 Dec; 38 (6): 439–45.

РЕЗЮМЕ

Для оценки нарушений функции равновесия в реабилитационной практике используется три основных метода: клинический, клинические шкалы и объективные инструментальные методы. Клинические шкалы просты в применении и не требуют дополнительного оборудования. Однако их ценность относительно не велика. Инструментальные методы обладают возможностью проводить, как диагностику, так и дифференциальную диагностику, включая ранние и даже доклинические формы заболеваний. Приводятся соответствующие нормативы для практической работы.

Ключевые слова: постуральная функция, баланс, диагностика.

ABSTRACT

For balance dysfunction assessment in rehabilitation practice three main methods are used: clinical, clinical scales and objective instrumental methods. Clinical scales are easy to use and does not require additional equipment. However, their value is relatively small. Instrumental methods provides diagnosis as well as differential diagnosis, including early and even preclinical forms of diseases. Appropriate standards for practical work are reviewed.

Keywords: postural function , balance , diagnostics.

Контакты:

Климов Л.В. E-mail: dr.klimov@mail.ru