

СТАБИЛОГРАФИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У ЗДОРОВЫХ НЕТРЕНИРОВАННЫХ МУЖЧИН ПРИ СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

М.В. Королёва, В.В. Королёва, А.П. Исаев*

*ЮУрГУ; *Нейрофизиологическая лаборатория ОФД ОКТГВВ, г. Челябинск*

В работе изучена дисперсия положения гравитационной вертикали при различных статических нагрузках. Обоснованы положения врачебно-педагогического контроля за состоянием двигательной системы мужчин 20–50 лет.

Ключевые слова: функциональное состояние, моносинаптические рефлексы, полисинаптические рефлексы, статические рефлексы, статокинетические рефлексы, стабилотрофия, статокинезиограммы, положение гравитационной вертикали, дисперсия положения.

Проблема достижения человеком оптимального функционального состояния при различных нагрузках до настоящего времени остается актуальной. В последние годы особый интерес исследователей вызывает изучение состояния большой группы двигательных рефлексов центральной нервной системы [6]. Наиболее изученными являются моносинаптические (сухожильные) и полисинаптические рефлексы (тонические и фазные) спинного мозга. Стволовые центры обеспечивают две группы рефлексов – сохранение равновесия и нормальное вертикальное положение тела в условиях действия гравитационного поля в состоянии покоя (статические рефлексы) и при движении тела в пространстве (статокинетические рефлексы). Статические рефлексы делятся на две группы: позы (рефлексы положения тела в пространстве) и выпрямительные. Важную роль в поддержании позы и координации всех двигательных актов играют мозжечок и его связи [1]. Важное значение для управления произвольными движениями имеет система афферентации (слух, зрение) и система ассоциативных волокон головного мозга. Обратная афферентация (проприоцепция), помогая оценить результат, способствует обучению движениям, и при повторных выполнениях (тренировке) движения становятся более точными. Таким образом, регуляция равновесия тела в пространстве, обеспечивающая устойчивость, имеет около 24 анатомических пунктов, является многоуровневой. Между отдельными этапами, отдельными центрами возникают сложные иерархические взаимодействия [7].

Методика точного количественного, пространственного и временного анализа устойчивости человека в заданной позе, названная *стабилотрофией*, была разработана группой ученых под руководством В.С. Гурфинкеля в 1952 году. Однако только с развитием современной *компьютерной стабилотрофии* появилась возможность широкого использования перспективных методов на ее основе. Только в таком варианте было снято основное препятствие по обработке сложных сигналов [3].

Для изучения физиологии интегративной деятельности моторных структур ЦНС по организации движений используются метод компьютерной стабилотрофии. Регуляция равновесия тела в пространстве базируется на понятии устойчивости. Устойчивость ортостатической позы измеряется большим количеством параметров, которые позволяют объективизировать отклонения функции равновесия от нормы. Главными параметрами являются – площадь и длина статокинезиограммы, скорость общего центра давления в различных плоскостях – все они демонстрируют сознательный контроль ортостатической позы, среднее положение гравитационной вертикали, дисперсию положения гравитационной вертикали, фазическую мышечную активность, активность мышечного тонуса, позволяют выявить синдром постурального дефицита [5].

Материалы и методы исследования. Исследование гравитационной вертикали и функции равновесия проводилось с использованием стабилотрофического комплекса «Стабило-МБН». Для объективной оценки нами использовалась методика компьютерной стабилотрофии, основанная на графической регистрации колебаний общего центра давления тела человека, находящегося на специальной платформе в вертикальном положении. Характеристики постурального управления фиксировались графически и подвергались математической обработке. Для оценки равновесия использовались 6 тестов:

- 1 – основная стойка с открытыми глазами (ОГ);
- 2 – основная стойка с фиксацией взора вправо;
- 3 – основная стойка с фиксацией взора влево;
- 4 – основная стойка с закрытыми глазами (ЗГ);
- 5 – проба Ромберга с открытыми глазами;
- 6 – проба Ромберга с закрытыми глазами.

Длительность каждой пробы составляла 30 секунд. Во время каждой пробы оценивались следующие показатели:

МАФ – максимальная амплитуда колебаний во фронтальной плоскости (мм);

МАС – максимальная амплитуда колебаний в сагиттальной плоскости (мм);

ДСКГ – длина стадокинезиограммы (мм);

СОЦД – скорость общего центра давления (мм/с);

СФП – скорость общего центра давления во фронтальной плоскости (мм/с);

ССП – скорость общего центра давления в сагиттальной плоскости (мм/с);

МСФП – мощность спектра во фронтальной плоскости (Гц);

МССП – мощность спектра в сагиттальной плоскости (Гц);

ПСКГ – площадь стадокинезиограммы (мм²);

ОПСКГ – отношение длины стадокинезиограммы к ее площади (1/мм);

ИР – индекс равновесия (мм²/с);

ИУ – индекс устойчивости (ед.);

ДКР – динамический компонент равновесия (ед.).

По результатам проведенных пробных тестов для оценки адаптации антигравитационной системы вычислялись финальные показатели – коэффициент Ромберга (КР) и показатель функциональной стабильности (ПФС) для каждого испытуемого.

Исследование проводилось на базе нейрофи-

зиологической лаборатории Областного клинического госпиталя для ветеранов войн. В исследовании приняли участие 14 мужчин в возрасте от 20 до 50 лет ($39,5 \pm 6,43$ лет) со средним весом $85,4 \pm 12,00$ кг. Всем испытуемым для исключения патологии систем афферентации выполнено офтальмологическое, отоневрологическое обследование, аудиометрия, зрительные и акустические стволовые вызванные потенциалы.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты стабิโลграфического исследования в основной стойке и при функциональных статических нагрузках представлены в таблице.

Максимальная амплитуда колебаний во фронтальной плоскости (МАФ) общего центра давления (ОЦД) в основной стойке составила 16 мм, ее изменения при взор-фиксационных пробах и пробе Ромберга с открытыми глазами увеличились на 10–11 %, максимальные сдвиги показателя произошли в основной стойке с закрытыми глазами – на 50 % и в пробе Ромберга с закрытыми глазами – на 100 %. Пробы с поворотом головы и глаз в правую и левую стороны: тест включает комплекс рефлекторных реакций с включением вестибулярного и зрительного анализаторов. При повороте влево – стабильность нарушается больше, чем при

Стабิโลграфические показатели в основной стойке и при функциональных статических нагрузках

Показатель	Основная стойка с ОГ	Фиксация взора вправо	Фиксация взора влево	Основная стойка с ЗГ	Проба Ромберга с ОГ	Проба Ромберга с ЗГ
МАФ, мм	16,39 ± 3,34	18,13 ± 4,44 10 %	18,22 ± 4,0 11 %	24,66 ± 5,81 50 %	18,23 ± 3,96 11 %	32,9 ± 7,86 100 %
МАС, мм	15,95 ± 3,05	15,51 ± 2,96 –3 %	18,06 ± 3,43 13 %	23,63 ± 3,78 48 %	18,17 ± 0,9 14 %	25,90 ± 4,41 62 %
ДСКГ, мм	279,31 ± 27,0	319,2 ± 51,8 14 %	336,6 ± 61,1 20 %	522,8 ± 111 87 %	365,9 ± 60,3 31 %	698 ± 130 150 %
СОЦД, мм/с	9,31 ± 0,90	10,64 ± 1,73 14 %	11,22 ± 2,04 21 %	17,43 ± 3,71 87 %	12,20 ± 2,01 31 %	23,31 ± 4,28 150 %
СФП, мм/с	5,39 ± 0,67	6,47 ± 1,32 20 %	6,82 ± 1,52 27 %	11,26 ± 3,1 108 %	7,30 ± 1,64 35 %	15,52 ± 3,28 187 %
ССП, мм/с	5,50 ± 0,70	6,07 ± 1,01 10 %	6,56 ± 1,17 19 %	10,16 ± 1,82 85 %	7,29 ± 1,09 33 %	13,45 ± 2,78 144 %
МСФП, Гц	0,27 ± 0,08	0,35 ± 0,08 30 %	0,35 ± 0,07 30 %	0,4 ± 0,11 48 %	0,35 ± 0,15 29 %	0,43 ± 0,10 59 %
МССП, Гц	0,29 ± 0,09	0,34 ± 0,10 17 %	0,27 ± 0,06 –7 %	0,39 ± 0,08 34 %	0,32 ± 0,09 10 %	0,36 ± 0,07 24 %
ПСКГ, мм ²	103,83 ± 54,13	91,34 ± 25,78 –14 %	123,3 ± 49,6 18 %	223,1 ± 79,6 114 %	143,9 ± 46,7 38 %	337 ± 99,07 224 %
ОПСКГ, 1/мм	3,23 ± 1,26	3,93 ± 1,26 22 %	3,31 ± 0,93 2 %	2,61 ± 0,61 –24 %	2,90 ± 0,78 –11 %	2,31 ± 0,60 –40 %
ИР, мм ²	0,31 ± 0,03	0,35 ± 0,06 13 %	0,37 ± 0,07 20 %	0,58 ± 0,12 87 %	0,41 ± 0,07 32 %	0,78 ± 0,14 151 %
ИУ, ед.	43,82 ± 4,85	85,47 ± 12,01 92 %	37,22 ± 7,30 –16 %	24,62 ± 4,85 –49 %	33,93 ± 5,44 –30 %	18,25 ± 3,93 –139 %
ДКР, ед.	56,15 ± 4,83	61,0 ± 6,35 9 %	62,78 ± 7,3 11 %	75,44 ± 4,91 34 %	63,92 ± 7,72 12 %	81,75 ± 3,93 45 %
КР	263,70 ± 103,18 (на 5 % выше средней нормы)					
ПФС	1,87 ± 0,34 (на 25 % выше средней нормы)					

повороте вправо, но эти различия недостоверны [7]. Постуральный тест Ромберга: закрывая глаза, стоящий человек меняет постуральную тактику, исключается влияние зрительного анализатора, вертикальное положение сохраняется за счет проприоцепции. Нормальная реакция со стороны системы контроля баланса тела на выключение зрительного анализатора – увеличение колебаний центра давления, что демонстрирует уменьшение активности мышечной системы.

Максимальная амплитуда колебаний в сагиттальной плоскости (МАС) общего центра давления в основной стойке составила 15 мм, незначительно уменьшилась при взгляде вправо, увеличилась при взгляде влево и в пробе Ромберга на 13–14 %, в пробах с закрытыми глазами произошло максимальное увеличение параметра – на 48–62 %. Таким образом, амплитуда колебаний общего центра давления у здоровых нетренированных мужчин не имеет достоверных отличий во фронтальной и сагиттальной плоскостях. Она подвержена значительным изменениям при статических нагрузках с закрытыми глазами, максимальная изменчивость параметра зафиксирована во фронтальной плоскости. На рис. 1 представлены изменения амплитуды колебаний общего центра давления во фронтальной и сагиттальной плоскостях.

Длина статокинезиограммы – параметр, характеризующий величину пути, пройденную центром давления за время исследования. На величину этого параметра оказывает влияние величина и частота девиаций. Следовательно, увеличение значения длины СКГ говорит о возрастании величины девиаций или смещения спектра частот в более высокочастотную область или об изменении обоих параметров. По данным французского постурологического общества (Normes-85, 1985) длина статокинезиограммы при открытых глазах составляет

435,3 мм, при закрытых глазах – 613,1 мм. В нашем исследовании в тестах с открытыми глазами показатель длины составил $325,2 \pm 26,1$ мм, с закрытыми глазами – $610,4 \pm 87,6$ мм. Таким образом, полученные нами данные не превышают показатели мировой статистики.

Скорость общего центра давления – величина, определяющаяся отношением длины пути центра давления за время исследования ко времени исследования. На него оказывают влияние два основных фактора: величина девиаций центра давления и частота, с которыми они происходят. При увеличении амплитуды колебаний и их частоты скорость движения центра давления будет возрастать.

Параметры длины СКГ и скорости ОЦД при статических нагрузках изменялись однотипно – при взгляде вправо произошло увеличение на 14 %, при взгляде влево – на 20–21 %, в пробе Ромберга с открытыми глазами произошло увеличение показателя на 1/3, в пробах с закрытыми глазами – в 2–2,5 раза. Подобным же образом происходили в тестах изменения скорости общего центра давления в сагиттальной плоскости. Во фронтальной плоскости изменения скорости общего центра давления были на 1/4 больше, чем в сагиттальной плоскости.

Мощность спектра во фронтальной и сагиттальной плоскостях. При анализе спектра частот выделяют условно несколько типов: 1) медленные высокоамплитудные колебания – в полосе частот 0–0,3 Гц – представлены дыхательными движениями установочными и могут контролироваться сознательно; 2) средние колебания – в полосе 0,5–1,5 Гц – представляют результаты сокращения мышц и не подвержены сознательному контролю; 3) высокочастотные колебания – свыше 2 Гц – у здорового человека представлены мало.

Изменения максимальной амплитуды колебаний общего центра давления

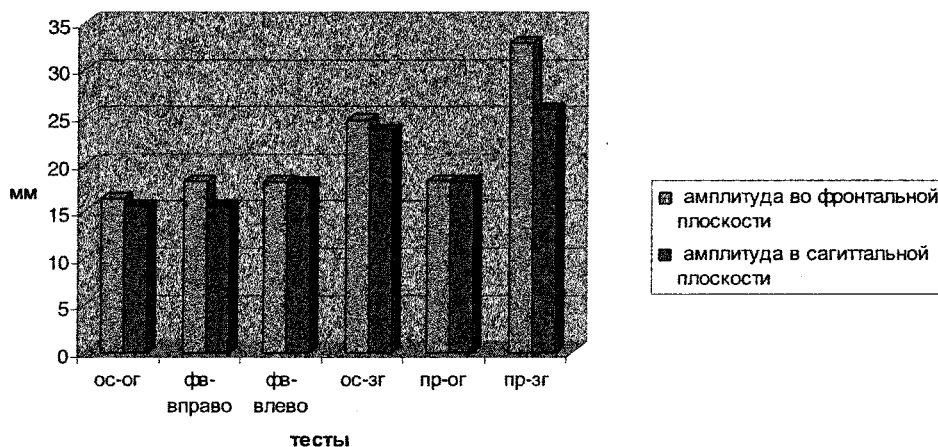


Рис. 1. Изменения амплитуды колебаний общего центра давления

При анализе полученных в 6 тестах данных выявлены следующие физиологические закономерности: в основной стойке с открытыми глазами максимум спектра мощности во фронтальной и сагиттальной плоскости совпал и составил соответственно 0,27 и 0,29 Гц. Однотипные отклонения от исходной нормы отмечены во фронтальной плоскости при всех пробах с открытыми глазами – увеличение на 30 %, с закрытыми глазами – увеличение на 50–60 %. В сагиттальной плоскости отмечены статистически незначимые отклонения от исходной нормы в тестах с открытыми глазами и смещение максимума спектра при закрытых глазах на 20–30 %. Таким образом, максимум спектра частот составил у здоровых мужчин 0,27–0,43 Гц, что соответствует первому и второму типам спектра, связанным с сознательным контролем и состоянием мышечного тонуса.

Площадь статокинезиограммы – это часть плоскости, ограниченной кривой статокинезиограммы; показатель, который зависит от многих изолированных параметров. По данным французского постурологического общества этот показатель при ОГ составляет 182,2 мм, при ЗГ – 258,4 мм. В нашем исследовании (рис. 2, 3) исходный показатель площади составил 103 мм² (76 % от физиологической нормы), уменьшился на 14 % при взгляде вправо, увеличился на 18 % при взгляде влево, на 40 % – пробе Ромберга, в 2–3 раза увеличился в пробах с закрытыми глазами. Таким образом, при статических нагрузках у здоровых мужчин отмечается повышение устойчивости при взгляде вправо за счет усиления окуло-вестибулярного рефлекса ствола головного мозга. В отсутствии зрительного контроля – при закрытых глазах происходит усиление колебательного процесса общего

Отношение длины статокинезиограммы к ее площади

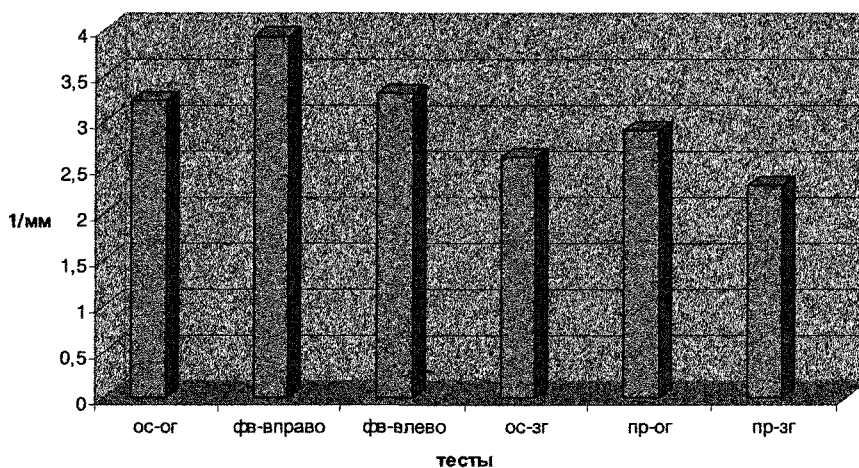


Рис. 2. Изменения коэффициента LFS

Изменения параметров устойчивости и равновесия

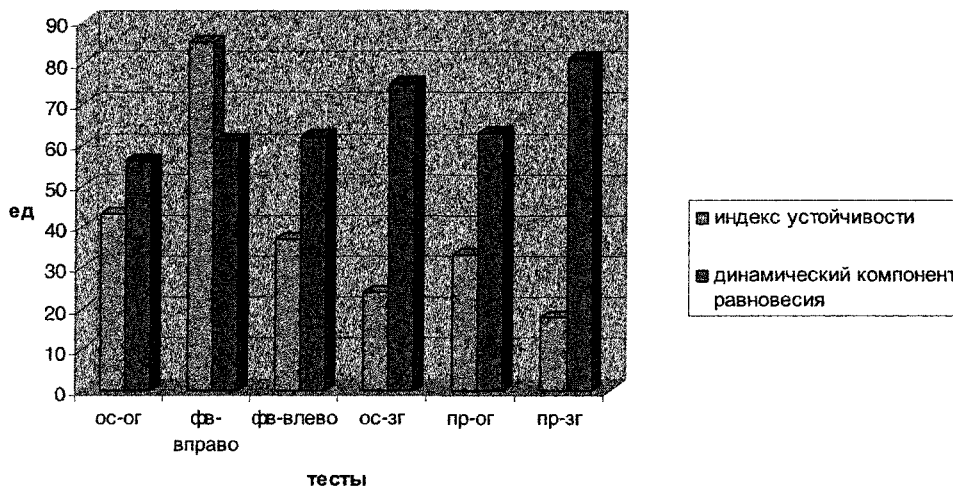


Рис. 3. Показатели функционального состояния системы равновесия

центра давления, что подтверждается показателями амплитуды и скорости.

При изучении параметра отношения длины статокнезиограммы к ее площади (коэффициент LFS) у здоровых испытуемых значения коэффициентов LFS колебались в тестах от 2,31 до 3,93 и в среднем составили $3,04 \pm 0,44$. По данным французского постурологического общества он составляет в норме 1,0 [2]. По данным отечественных исследователей – колеблется у здоровых людей в пределах 0,9–3,5 [5]. Наши данные соответствуют показателям отечественных исследователей и не выходят за пределы нормы при статических нагрузках.

Для экспресс-диагностики функционального состояния системы равновесия разработан (Л.А. Лучихин, 2006) интегральный показатель функциональной стабильности (ПФС). Метод расчета ПФС основан на сравнительной оценке результатов стабиллометрии в покое при установке стоп пациента в «европейской позиции», и при проведении серии функциональных проб – при оптокинезе, при депривации зрения и при исследовании в позе Ромберга также с выключением зрения. Для расчетов индекса устойчивости (ИУ) и динамического компонента (ДКР) использован параметр скорости колебаний центра давления тела, находящегося на платформе стабиллометра человека.

В нашем исследовании исходный индекс устойчивости, характеризующий статическое равновесие и рассчитанный как отношение длины отрезка, соединяющего начальную и конечную точки стабиллографической кривой, к длине самой кривой, составил 43 ед., увеличился в 2 раза при взгляде вправо, незначительно снизился при взгляде влево и в основной стойке с закрытыми глазами, уменьшился в 2 раза в пробе Ромберга с закрытыми глазами. Интегральный показатель стабиллограммы – коэффициент Ромберга был $263,70 \pm 103,18$, что на 5 % выше средней нормы. Показатель функциональной стабильности составил $1,87 \pm 0,34$, что на 25 % выше средней нормы.

Заключение. Стабилография – метод исследования баланса вертикальной стойки и ряда переходных процессов посредством регистрации положения, отклонений и других характеристик проекции общего центра тяжести на плоскость опоры. Стабилография – неспецифический индикатор функционального состояния механизмов двигательного контроля нервной системы. Здоровые

нетренированные мужчины 30–50 лет имеют средние физиологические показатели коэффициента Ромберга и высокие показатели функциональной стабильности. При выполнении тестов с фиксацией взгляда в стороны максимальное отклонение стабиллографических параметров отмечается при взгляде влево, особенно чувствительными являются параметры длины и площади статокнезиограммы, скорости общего центра давления во фронтальной плоскости. При выполнении тестов с закрытыми глазами отмечается выраженное отклонение всех показателей стабиллограммы от исходных, но показатели функциональной стабильности и динамический компонент равновесия соответствуют высокому уровню нормы. Результаты исследования могут быть использованы для обоснования технологии контроля за состоянием двигательных рефлексов у мужчин, занимающихся физическими нагрузками.

Литература

1. Бернштейн, Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности / Н.А. Бернштейн. – М.: Медицина, 1966. – 350 с.
2. Гаже, П.М. Постурология. Регуляция и нарушения равновесия тела человека / П.М. Гаже, Б. Вебер. – СПб.: Издат. дом СПбМАПО, 2008. – 316 с.
3. Евтушенко, В.В. Компьютерная стабиллография в дифференциальной диагностике атаксий при поражении периферических отделов вестибулярной и зрительной систем: автореф. дис. ... канд. мед. наук / В.В. Евтушенко. – СПб., 2005. – 30 с.
4. Постурографическая экспресс-диагностика функционального состояния системы равновесия в вестибулологии / Л.А. Лучихин, Д.В. Скворцов, Н.А. Кононов, А.В. Востоков. – Вестник оториноларингологии, 2006. – № 1. – С. 13–17.
5. Скворцов, Д.В. Клинический анализ движений. Стабиллометрия / Д.В. Скворцов. – М.: АОЗТ «Антидор», 2000. – 192 с.
6. Филимонов, В.И. Физиологические основы психофизиологии / В.И. Филимонов. – М.: МЕД-пресс-информ, 2003. – 320 с.
7. De Benedittis, G. Effect of the cervical reflex on the posture of normal subjects. Balance measurement study / G. De Benedittis, D. Petrone, N. De Candia // Boll. Soc. Ital. Biol. Sper., 1991. – Vol. 3. – P. 303–309.

Поступила в редакцию 30 октября 2010 г.