

Постуральный тест с биологической обратной связью в оценке влияния привычного сеанса курения на показатели баланса тела у здоровых добровольцев*

КУБРЯК О.В.^{1,2}, ГРОХОВСКИЙ С.С.¹

¹ — Исследовательский центр группы компаний МЕРА

² — НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина РАМН

E-mail: o.kubryak@nphys.ru

Разработан оригинальный постуральный тест, включающий в себя визуальную биологическую обратную связь (БОС) по опорной реакции (стабилометрия), что повышает его чувствительность к влиянию воздействий, нарушающих тонкую моторику. Аналитическая отдача от теста повышается при использовании показателя, связанного с расчётом затрат механической энергии на перемещение общего центра давления в плоскости опоры. Постуральные тесты с БОС являются перспективным направлением для разработки систем массового скрининга, а также инструментального контроля операторов и рабочих в сфере опасных производств. Ключевые слова: постуральные тесты, стабилометрия, биологическая обратная связь, психоактивные вещества, никотининдуцированный нистагм

Введение

Проблема неинвазивного, недорогого, чувствительного и быстрого метода контроля состояний человека сегодня является одной из наиболее актуальных для выявления приёма психоактивных веществ, оценки эффективности терапии и др., а также для допускового (например, предсменного) контроля. На наш взгляд, одним из таких методов может быть количественная оценка способности целенаправленного управления позой. Известно, что система управления движением очень чувствительна к эмоциональным реакциям (например, [6]), влиянию алкоголя (например, [11]) и наркотических веществ (например, [7]).

Также существуют различные данные о влиянии курения на систему управления позой [5, 12]. Известно влияние курения никотинсодержащих сигарет на тремор рук, связанное, как полагают, с нейротоксичными эффектами сигаретного дыма (например, [10]).

Для оценки чувствительности метода, основанного на измерении параметров постурального баланса человека при осуществлении целенаправленной деятельности, было проведено исследование влияния привычного сеанса курения на показатели баланса. Проводился оригинальный постуральный тест, использующий БОС, для визуального контроля вертикальной позы (по аналогии, например, с тестом ходьбы по прямой линии или удержания равновесия на уз-

кой опоре) и соответствующую оценку баланса при выполнении целенаправленной деятельности.

Целью исследования было выявление возможных различий показателей баланса тела человека до и после курения в рамках разработки систем инструментального контроля состояний работников определённых профессий, например операторов и рабочих опасных производств.

Объект и методы исследования

Испытуемые

Молодые курящие добровольцы — 4 женщины, 2 мужчины от 19 до 26 лет. Добровольцы обозначены буквенным кодом: BB, BO, VG, MT, OG, ST. Наблюдение соответствовало современным этическим нормам.

Теоретическое обоснование исследования

Исследовалась стратегия поддержания вертикальной позы до и после курения. Понятие *стратегия* в данном случае трактовалось как осознанное или бессознательное связывание нескольких задач в одну [2]. Добровольцу требовалось использовать разномодальные потоки информации (проприоцепция, зрение и др.) для достижения наилучшего результата. В качестве критериев оценки стратегии контроля позы наряду с общепринятым измеримым стабилметрическим параметром — площадью

* Благодарим к.м.н. Николая Панина и инженера Алексея Доброродного за помощь в проведении исследования. Особая благодарность всем добровольцам, принявшим участие в исследовании.

статокинезиограммы, S [3], использовался оригинальный измеряемый показатель, отражающий энергозатраты (Дж) на выполнение механической работы, совершаемой человеком для перемещения общего центра давления (ОЦД) в процессе управления позой, Ei (при расчёте данного показателя никак не учитывается основной обмен).

Биомеханические объяснения реализации различных моделей поддержания вертикальной позы можно свести, например, к так называемым *голеностопной* и *тазобедренной стратегиям* [8]. В этом случае процесс, включающий большее число мышц для текущей балансировки, можно характеризовать как требующий больших физических усилий на управление позой.

Считается, что у здоровых лиц присутствует только «голеностопная стратегия», где основную роль играют камбаловидные мышцы [3]. При проведении теста с БОС данного типа целью является удержание метки в центре обозначенной зоны. Для достижения поставленной цели в случае выхода метки из назначенной области пациенту приходится совершать действия, выходящие за рамки «голеностопной стратегии». Например, смещение центра давления на опору возможно путём небольших отклонений корпуса, смещения таза, работы коленных суставов. То есть способ достижения цели обусловлен рядом факторов, среди которых можно выделить, например, такие, как общая координированность, специфическая тренированность (уровень подготовки, обучение), скорость реакции, чувствительность стоп и т.д. Индивидуальный «рецепт» достижения цели связан со специфической интеграцией потоков внешней (визуальная БОС) и внутренней (афферентная и эфферентная сигнализация) информации. Таким образом, наибо-

лее успешной следует считать стратегию, которая обеспечивает максимальный результат при наименьших усилиях добровольца. При этом площадь статокинезиограммы можно рассматривать как показатель, отражающий размах (амплитуду) корректирующих движений. Иными словами, данный показатель здесь можно трактовать как некий параметр «грубой подстройки» в процессе удержания позы.

Показатель энергозатрат является интегральным (см. выше), но он в большой мере указывает на степень мышечного напряжения, в том числе на возможный тремор (до 10 Гц). Например, при увеличении тремора данный показатель возрастёт при обязательном увеличении или даже уменьшении площади статокинезиограммы. То есть показатель Ei здесь характеризует более мелкие движения, которые можно связать с «тонкой подстройкой» позы и которые, вероятно, в наибольшей степени подвержены действию психоактивных веществ.

Процедура

Доброволец, стоя босиком вертикально на стабилометрической платформе ST-150 при стандартной установке стоп — параллельно, по ширине клинической базы, — держа руки вдоль тела, смотрел на монитор, расположенный прямо на уровне глаз на расстоянии 2,5 м. Проекция центра тяжести добровольца на стабилометрическую платформу (центр давления) визуализировалась на экране в виде «метки», которую требовалось в течение 60 с удерживать в центре выделенной зоны экрана — круглой «мишени». Установка добровольца на платформу осуществлялась так, чтобы первоначальное («удобное» для стандартной стойки) положение центра давления соответствовало центру координат (центру мишени).



Рис. 1. Установка добровольца на стабилплатформе

В течение теста чувствительность платформы к колебаниям центра давления повышалась по заданному закону. Каждый испытуемый проходил данный тест ежедневно в одно и то же время суток (утром) в течение 10 дней, до и после привычного для себя сеанса курения. Дозировка составляла одну сигарету привычной для испытуемого марки. Различия по типу потребляемых сигарет, частоте курения, стажу курения (но не менее 1 года) не учитывались. Таким образом, оценивалось возможное влияние привычного для конкретного добровольца сеанса курения на индивидуальную способность к поддержанию стабильной вертикальной позы при выполнении инструкции. По условиям исследования все добровольцы стремились к наилучшему результату.

Оборудование

Стабилометрическая система ST-150, включающая в себя:

- статическую стабилотелеплатформу ST-150 (Россия, БиоМера) размером 310 415 мм;
- систему страховки (ручные опоры для экстренной коррекции опасных отклонений позы);
- дисплей для визуальной обратной связи;
- персональный компьютер с установленным штатным программным обеспечением для управления системой и расчёта стабилометрических показателей.

Общий вид системы представлен на рис. 1.

Расчёты

Расчёты показателей баланса проводились с использованием варианта штатного программного обеспечения сертифицированного оборудования ST-150 [4]. Площадь статокинезиограммы определялась как площадь эллипса, ограничивающего область, содержащую 95% точек статокинезиограммы. Для вычисления показателя энергозатрат, E_i , рассчитывалась сумма приращений кинетической энергии, обусловленных изменением скорости смещения центра давления на каждом дискретном участке статокинезиограммы за все время исследования [1].

Для установления достоверных различий и направленности таких отличий для связанных малых выборок (индивидуального набора показателей баланса до и после курения) использовался непараметрический критерий Вилкоксона. Расчёты проводились в стандартной статистической программе SPSS. Составление электронных таблиц, стандартная статистика, построение графиков — в Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Все испытуемые добросовестно следовали инструкции, что видно, например, из результатов 10 последовательных измерений показателя E_i — для каждого

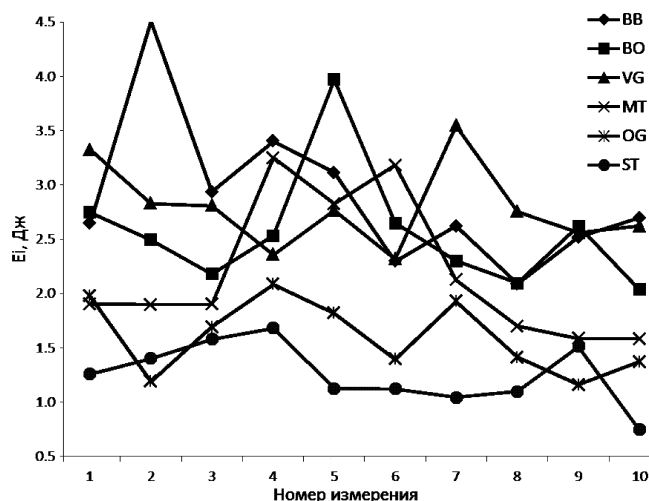


Рис. 2. Показатель E_i при ежедневных тестах испытуемых до курения

испытуемого они имели достаточно близкие индивидуальные значения (рис. 2). Так, для добровольца BB медиана всех значений показателя до курения составила 2,7 Дж, квартили — 2,5 и 3,1 Дж; для BO — 2,5 (2,2; 2,6); для VG — 2,8 (2,6; 2,8); для MT — 1,9 (1,8; 2,7); для OG — 1,6 (1,4; 1,9); для ST — 1,2 (1,1; 1,5) Дж. Интерквартильный размах, как видно, не превышает 1 Дж — от 0,3 до 0,9 Дж. В процессе повторяющихся ежедневных тестов у всех добровольцев наблюдалось небольшое снижение показателя энергозатрат (рис. 2). Вероятно, это можно объяснить влиянием обучения, тренировки.

Тем не менее, возможное влияние обучения на результаты исследования нивелировалось тем, что для оценки воздействия привычного сеанса курения на показатель E_i проводилось внутрииндивидуальное сравнение значений показателя до и после курения. То есть возможное обучение должно было проявляться как до курения, так и после.

Медианы всех значений показателя E_i после курения: BB — 5,5 (4,7; 5,8); BO — 4,0 (3,9; 4,8); VG — 5,2 (4,9; 6,9); MT — 4,1 (3,3; 4,8); OG — 2,5 (2,2; 2,9); ST — 1,8 (1,6; 2,0). Интерквартильный размах — от 0,4 до 2 Дж.

Проверка с помощью критерия Вилкоксона показала, что у всех добровольцев после курения наблюдалось достоверное увеличение затрат энергии (E_i) на выполнение теста (рис. 3).

При этом аналогичная проверка достоверности изменения площади статокинезиограммы (S) указала на отсутствие достоверных изменений показателя у четырёх испытуемых из шести (рис. 3). То есть применение показателей площади в данном случае оказалось малоинформативным из-за низкой чувствительности этого теста к воздействию привычного курения.

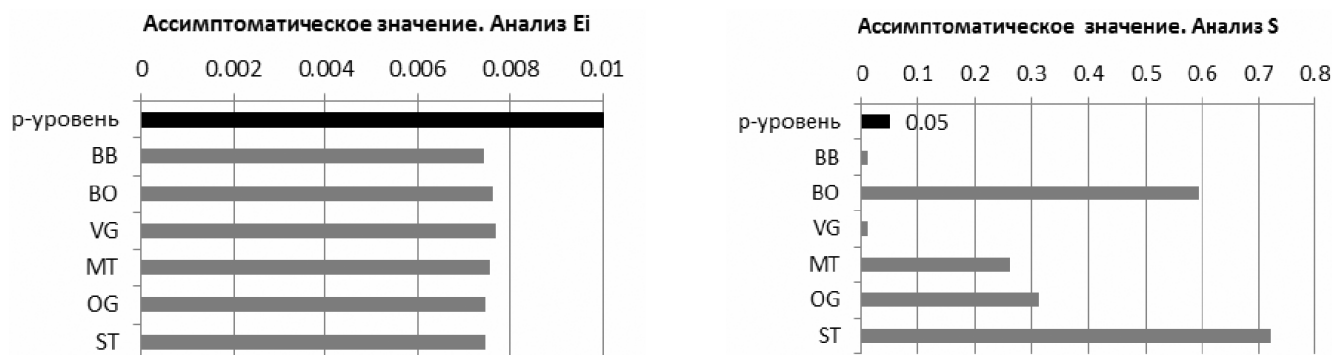


Рис. 3. Проверка достоверности изменений у добровольцев показателей Ei (слева) и S (справа) после курения по сравнению с фоновыми значениями

Таким образом, при добросовестном выполнении инструкции показатель энергозатрат (Ei) у добровольцев оказался намного более чувствительным к влиянию сеанса привычного курения, чем площадь статокинезиограммы. Это также может указывать на отсутствие кардинальных изменений в общей стратегии ежедневных прохождений теста — такая стратегия реализовывалась в основном благодаря «тонкой подстройке», исключающей значительные колебания ОЦД, которые бы резко увеличили площадь статокинезиограммы. Можно полагать, что интоксикация будет способствовать большему включению «грубой подстройки» — такому изменению стратегии поддержания позы, которая будет выражаться в изменении соотношений «грубой» и «тонкой» регуляции. Соответственно исходя из физического смысла показателя Ei какое-либо возрастание доли «грубой» подстройки под влиянием биохимически активных веществ (здесь — сигаретный дым) или иных факторов будет также увеличивать этот показатель (рис. 4).

Одним из возможных физиологических механизмов, влияющих на баланс тела при курении, является никотининдуцированный нистагм [12, 13]. Можно по-

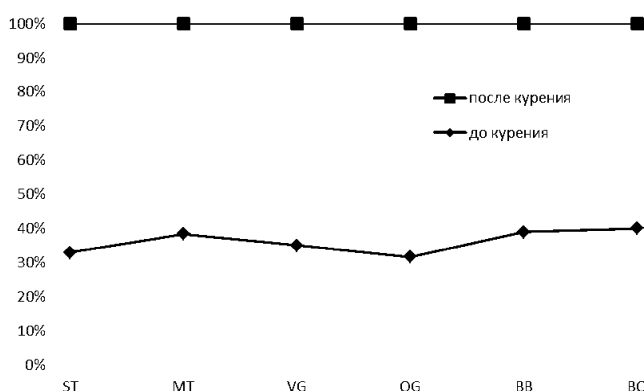


Рис. 4. Соотношения медиан показателя Ei у добровольцев до и после сеанса привычного курения

лагать, что вызванные курением изменения микродвижений глаз увеличивали роль проприоцепции и других механизмов поддержания баланса для выполнения инструкции у испытуемых, что выражалось в возрастании роли «грубой» подстройки позы. При этом показатель Ei оказался чувствительным даже к небольшим изменениям баланса. То есть использование этого показателя увеличивает аналитическую задачу (чувствительность) теста.

Введение зрительной задачи в данный постуральный тест, мы считаем, также повышает его чувствительность, так как подавление микродвижений глаз улучшает баланс тела [9], а влияние психоактивных веществ и вредных условий производств (например, в угольной шахте со специфическим освещением или в метрополитене) часто проявляется прежде всего изменением микродвижений глаза.

В связи с этим, полагаем, что применение постурального теста с визуальной БОС является одним из наиболее продуктивных подходов для решения поставленных задач, так как результаты теста (способность испытуемого поддерживать баланс тела) предполагают тесную связь успешности выполнения инструкции с функцией зрительной системы. Вероятно, предложенный показатель энергозатрат [1] может служить базой для выработки количественных нормативов, например здесь увеличение более чем на 50% медиан такого показателя связано с сеансом курения (рис. 4).

Заключение

Для получения более надёжных выводов требуется исследование на большей выборке испытуемых. Тем не менее, основываясь на результатах данного наблюдения, мы можем предложить следующие выводы:

1) показатель, связанный с расчётом затрат механической энергии на перемещение ОЦД, является

высококочувствительным к приёму психоактивных веществ;

2) добавление в схему пострального исследования зрительной задачи с БОС повышает эффективность теста;

3) постральные тесты с БОС являются перспективным направлением для разработки систем массового скрининга, а также инструментального контроля операторов и рабочих опасных производств.

Список литературы

1. Гроховский С.С., Кубряк О.В. Способ оценки двигательной стратегии человека на основе анализа энергозатрат на поддержание или изменение позы (Заявка на Патент РФ № 2011111142, 2011).
2. Печенкова Е.В., Фаликман М.В. Стратегия как метасредство решения перцептивной задачи в условиях быстрой смены информации и повышенной «умственной загрузки». Актуальные проблемы истории психологии на рубеже тысячелетий. — М.: Изд-во МГСУ, 2002. Ч. 2. — С. 98—106.
3. Скворцов Д.В. Стабилометрическое исследование. — М.: Маска, 2010. — 176 с.
4. Устройство электронное «Стабилотренажер» ST-150. Рег. Уд. ФСР № 2010/07900; RU C.28.004.A. №41201. [www.biomera.ru]
5. Chapman M.A. Does smoking reduce the risk of Parkinson's disease through stimulation of the ubiquitin-proteasome system? // Med. Hypotheses. — 2009. — Dec. — Vol. 73(6). — P. 887—891.
6. Cruz I.B., Barreto D.C., Fronza A.B., Jung I.E., Krewer C.C., Rocha M.I., Silveira A.F. Dinamic balance, lifestyle and emotional states in young adults // Braz. J. Otorhinolaryngol. — 2010. — Jun. — Vol. 76(3). — P. 392—398.
7. Greenberg H.S., Werness S.A., Pugh J.E., Andrus R.O., Anderson D.J., Domino E.F. Short-term effects of smoking marijuana on balance in patients with multiple sclerosis and normal volunteers // Clin. Pharmacol. Ther. — 1994. — Mar. — Vol. 55(3). — P. 324—328.
8. Horak F.B., Nashner L.M. Central Programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configuration // J. Neurophysiol. — 1986. — №55. — P. 1369—1381.
9. Jahn K., Strupp M., Krafczyk S., Schuler O., Glasauer S., Brandt T. Suppression of eye movements improves balance // Brain. — 2002. — Sep. — Vol. 125(Pt 9). — P. 2005—2011.
10. Louis E.D. Kinetic tremor: differences between smokers and non-smokers // Neurotoxicology. — 2007. — May. — Vol. 28(3). — P. 569—575.
11. Palm H.G., Waitz O., Strobel J., Metrikat J., Hay B., Friemert B. Effects of low-dose alcohol consumption on postural control with a particular focus on the role of the visual system // Motor Control. — 2010. — Apr. — Vol. 14(2). — P. 265—276.
12. Pereira C.B., Strupp M., Holzleitner T., Brandt T. Smoking and balance: correlation of nicotine-induced nystagmus and postural body sway // Neuroreport. — 2001. — May 8. — Vol. 12(6). — P. 1223—1226.
13. Zingler V.C., Denecke K., Jahn K., von Meyer L., Krafczyk S., Krams M., Elfont R., Brandt T., Strupp M., Glasauer S. The effect of nicotine on perceptual, ocular motor, postural, and vegetative functions at rest and in motion // J. Neurol. — 2007. — Dec. — Vol. 254(12). — P. 1689—1697.

POSTURAL TEST WITH BIOFEEDBACK IN THE ESTIMATION OF INFLUENCE OF THE HABITUAL SESSION OF SMOKING ON INDICATORS OF BALANCE AT HEALTHY VOLUNTEERS

KUBRYAK O.V.^{1,2}, GROHOVSKY S.S.¹

¹ — Research Centre of group MERA

² — Anokhin Research Institution of normal physiology RAMS

E-mail: o.kubryak@nphys.ru

The original postural test includes visual biofeedback for basic force plate reaction (stabilometry) is hi sensitivity to influence of breaking a thin motility. Analytical return from the test raises at use of the indicator connected with calculation of expenses of mechanical energy on moving of the general center of pressure of a support. Postural tests with biofeedback are a perspective direction for system engineering of mass screening and tool control of operators and working dangerous manufactures.

Key words: postural test, stabilometry, biofeedback, psychoactive substances, nicotine-induced nystagmus