

ОТЗЫВ

на диссертацию Олега Витальевича Кубряка
«Системные механизмы регуляции стабильности и
управляемости вертикальной позы человека»
на соискание ученой степени доктора биологических наук
по специальности 03.03.01 — Физиология

Актуальность темы исследования заключается в расширении технологии исследования стабильности вертикальной позы человека с помощью стабилотрии, попытке сравнения абсолютных значений стабильностных показателей, а также использовании стабильностных платформ в лечебно-реабилитационных целях и в целях диагностики спортсменов.

Практическая значимость работы состоит в том, что запатентованы методики, полезные модели и программное обеспечение, используемые в промышленно выпускаемых стабильностных системах. В практическом здравоохранении используются комплексные реабилитационные методики, включающие разработки темы. Разработана и утверждена профильная учебная программа. Материалы диссертационной работы использовались в дистанционном обучающем курсе «Стабильнострия и биологическая обратная связь по опорной реакции», разработано методическое пособие, используемое при подготовке кадров высшей квалификации.

Достоверность результатов вызывает сомнение, поскольку имеются замечания по расчету показателя, так называемых, «энерготрат», на основании анализа которого делаются все основные выводы в работе. Поскольку автореферат диссертации содержит только ссылку на патент RU2456920, но не содержит описания расчета показателя, то при дальнейшем анализе будем опираться на описание к патенту и диссертацию [http://nphys.ru/files/dissertation/ovk/kubryak_dissertation.pdf]. Проведенный анализ показал, что описания в патенте и диссертации идентичны, а соискатель при проведении экспериментальных исследований и обосновании своих выводов использовал «...способ стабильностного исследования двигательной стратегии человека, заключающийся в последовательном измерении совокупности координат общего

центра давления (ОЦД) обследуемого на платформу... и расчете при каждом измерении мгновенной скорости элементарного смещения ОЦД из начала в конец каждого дискретного отрезка статокинезиограммы, ... при каждом измерении координат общего центра давления рассчитываются энергозатраты на перемещение общего центра давления за время исследования, определяемые как сумма приращений кинетических энергий тела обследуемого, вычисленных при каждом элементарном перемещении общего центра давления...». На стр. 63 диссертации приведено: «...количество выполненной работы (затраченной энергии) выражается в ... Джоулях (Дж). Соответственно, при числе n проведенных дискретных измерений, это количество работы можно рассчитать по формуле:

$$E = \sum_{i=1}^n \frac{m(V_{i+1}^2 - V_i^2)}{2} \quad \text{»}.$$

Необходимо отметить, что суммирование приращений некоторой величины на дискретных временных интервалах в итоге даст общее приращение этой величины за время стабิโลграфического теста. Покажем подробнее, почему это так: вынесем постоянные множители за скобки, раскроем знак суммы и попарно сгруппируем слагаемые с одинаковыми индексами:

$$\begin{aligned} E &= \sum_{i=1}^{n-1} \frac{m}{2} (V_{i+1}^2 - V_i^2) = \frac{m}{2} \sum_{i=1}^n (V_{i+1}^2 - V_i^2) = \\ &= \frac{m}{2} ((V_n^2 - V_{n-1}^2) + (V_{n-1}^2 - V_{n-2}^2) + (V_{n-2}^2 - V_{n-3}^2) + \dots + (V_2^2 - V_1^2)) = \\ &= \frac{m}{2} (V_n^2 - V_{n-1}^2 + V_{n-1}^2 - V_{n-2}^2 + V_{n-2}^2 - V_{n-3}^2 + \dots + V_2^2 - V_1^2) = \\ &= \frac{m}{2} (V_n^2 + (-V_{n-1}^2 + V_{n-1}^2) + (-V_{n-2}^2 + V_{n-2}^2) + \dots + (-V_2^2 + V_2^2) - V_1^2) = \\ &= \frac{m}{2} (V_n^2 + 0 + 0 + \dots + 0 - V_1^2) = \\ &= \frac{m}{2} (V_n^2 - V_1^2), \end{aligned} \quad (1)$$

где m – масса испытуемого;
 n – количество отсчетов статокинезиограммы;
 V_i – скорость на i -ом участке.

Формула (1) подтверждает, что сумма приращений равна разности конечного и начального значений величины, и, следовательно, показатель E определяется только

значениями скорости ОЦД в конечный и начальный моменты стабิโลграфического теста. Проанализируем некоторые свойства показателя «энерготрат» E , которые непосредственно вытекают из (1):

- 1) Показатель E имеет случайный характер. Известно, что при спокойном стоянии величина скорости ОЦД изменяется практически от нуля до некоторого максимального значения, а ее зависимость от времени имеет вид шумоподобных колебаний, основная энергия которых сосредоточена в полосе от 0 до 1 Гц. Поскольку моменты начала и, соответственно, окончания исследования выбираются произвольно, а длительность обследований много больше характерного периода колебаний, то это означает выборку случайных начальных и конечных значений скорости ОЦД, которые будут использованы при вычислении показателя E .
- 2) Показатель E должен равновероятно иметь как положительные, так и отрицательные значения, что плохо соотносится с реальностью, поскольку человек в процессе стояния в основном тратит энергию из-за вязкоупругих свойств мышц.
- 3) С учетом п.п. 1 и 2, модуль показателя E должен широко варьироваться (практически от нуля до некоторой величины).
- 4) Величина показателя не будет зависеть от длительности исследования, что справедливо для консервативных механических систем, но не учитывает диссипативные свойства организма человека.

Рассмотрим диапазон значений, которые принимает показатель E . На стр. 6 описания патента можно обнаружить: «...если у первого испытуемого итоговый показатель составил около **85 Дж**, то у второго – **213 Дж**».

Далее обратимся к диссертации. Начиная со стр. 82, показатель E «превратился» в показатель A . Из табл. 5, можно сделать вывод, что в процессе спокойного стояния вариабельность показателя A составляет от **0,39 Дж** до **4,16 Дж**. Табл. 10 на стр. 107 содержит медианные значения показателя A в разных фазах теста, которые лежат в диапазоне от **0,35 Дж** до **4,54 Дж**.

Попытаемся самостоятельно оценить порядок величины показателя E , используя (1). Из описания методики проведения экспериментальных исследований следует, что:

изучение свойств нового показателя включало проведение двухфазных тестов — последовательно по 30 секунд спокойного стояния с открытыми и закрытыми глазами. Согласно общеизвестным данным [Скворцов, 2000, с. 94, табл. 6] для средней линейной скорости ОЦД **максимальная** верхняя граница 95% доверительного интервала при спокойном стоянии с закрытыми глазами составляет 0,019 м/с. При крайних предположениях, что: 1) конечная скорость равна **пиковой**, которая в 3 раза превышает среднюю, 2) начальная скорость равна нулю, и 3) испытуемый имеет массу 100 кг; получим оценку верхней границы величины показателя E :

$$E = \frac{100 \text{ кг}}{2} \times ((3 \times 0,019 \text{ м/с})^2 - 0) \approx 0,2 \text{ Дж.}$$

Заметим, что в процессе спокойного стояния наиболее вероятное значение скорости ОЦД [Скворцов, 2000, с. 94, табл. 6] составляет 12,6 мм/с, что при массе испытуемого в 100 кг дает верхнюю оценку показателя E равную **0,008 Дж**. Учитывая, что конечная скорость отлична от пиковой, начальная скорость ОЦД отлична от нуля и масса испытуемого редко достигает 100 кг, можно предположить, что наблюдаемые в ходе экспериментов значения показателя E должны по модулю редко превышать **0,005 Дж**.

Из всего вышеизложенного можно сделать **главный вывод** о несовпадении, в самом наилучшем случае, полученной нами оценки не менее чем в 20 раз с данными диссертации, а в случае описания патента это расхождение составляет уже не менее чем в 1000 раз. В наиболее вероятном случае отличие составляет от 50 до 700 раз, что ставит под сомнение достоверность описания показателя «энергозатрат» E и полученные результаты. Отметим также необъяснимое отсутствие отрицательных значений показателя E .

Таким образом, либо мы наблюдаем ошибку в описании ключевого показателя, на котором строятся все выводы в диссертации, либо применение неопisanного подхода, что противоречит требованию об обязательном публичном обсуждении применяющихся подходов и полученных результатов.

Также имеется ряд менее существенных замечаний.

Во-первых, предлагаемый показатель «энергозатрат» E напрямую не соотносится ни с изменением полной механической энергии тела человека, ни с реальными

энергозатратами на поддержание вертикальной позы, поскольку общему центру давления приписывается масса тела человека. В то время как ОЦД является виртуальной точкой пересечения плоскости опоры и линией действия реакции опоры. Последняя направлена вертикально вверх только в статике; в случае изменения позы реакция опоры имеет боковые составляющие, тем большие, чем больше линейная и угловая скорость сегментов тела испытуемого. Поскольку перемещение ОЦД напрямую не связано с перемещением реальных масс, то и приписывать ОЦД массу тела, на наш взгляд, является ошибкой.

Во-вторых, основное влияние на положение ОЦД оказывают моменты в суставах, задействованных в процессе поддержания вертикальной позы. В итоге положение ОЦД определяется мышечным усилием и, если говорить о совершенной в процессе стояния работе, то это работа мышц, а не «механическая работа центра давления в плоскости опоры».

В-третьих, с учетом вышеизложенных свойств 1) – 4), можно сделать вывод, что показатель «энергозатрат» E , приведенный в патенте RU2456920 и используемый в диссертации, плохо характеризует процесс поддержания человеком вертикальной позы и его нельзя применять в практической стабиллографии.

В-четвертых, из текста диссертации остается неясным, чем является «оценка рассеяния положений центра давления по двум осям», использованная автором в качестве площади статокинезиграмм: квантилями распределения, интервалами «3 σ » или чем-то иным? В то же время существует дискуссия о подходах к оценке площади статокинезиграмм [Об определении площади статокинезиграмм / Колесников А.А. и др., 2002].

В пятых, описанная на стр. 70 – 71 диссертации методика, вынесенная в п.5 Выводов, по нашему мнению, эквивалентна пробе «Мишень» [Скворцов, 2000, с. 138]. Подобная методика, состоящая в отслеживании движущейся цели, была реализована в программном обеспечении ЗАО «ОКБ «РИТМ» и описана в руководстве пользователя не позднее 2002 г [Стабилан-01-2. Стабилоанализатор компьютерный с биологической обратной связью. Руководство пользователя, 2000-2017].

Пожелание. Соискатель провел огромную экспериментальную работу, но использовал только два показателя: «энергозатраты» и «оценку площади», при этом

основные выводы были выполнены только на основе показателя «энергозатрат» *E*, что поставило достоверность всей работы в зависимость от его достоверности. Было бы полезно провести расчет некоторого дополнительного множества параметров статокнезиграммы и сделать выводы на основе анализа их совокупности.

Заключение. С учетом вышеизложенного считаем, что необходимо привести в соответствие расчет и описание предлагаемого показателя «энергозатрат» *E*.

Ведущий инженер ЗАО «ОКБ «РИТМ», к.т.н.,

научная специальность:

05.13.01 – Системный анализ, управление и
обработка информации

А.Ф.КОЗЛОВ

Подпись А.Ф.КОЗЛОВА заверяю:

Генеральный директор

Ю.Ю.СТАРОВОЙТОВ

«17» апреля 2017 года

347900, г. Таганрог, ул. Петровская, д. 99,

ЗАО «ОКБ «РИТМ»

