

УДК 612.8:612.7

В. Н. Казаков, В. Я. Уманский, Ю. Е. Лях, А. И. Клименко

Методика исследования колебаний общего центра тяжести человека (стабилометрия)

Колебания общего центра тяжести тела человека объективно отражают состояние различных регуляторных систем организма, а также его функциональное состояние под действием разнообразных факторов окружающей среды. В настоящее время считается очевидным, что прямохождение является сложнокоординированным двигательным актом, в реализации которого участвуют вестибулярный и зрительный анализаторы, суставно-мышечная проприорецепция, высшие отделы центральной нервной системы, а также различные морфофункциональные образования [3, 4, 6, 12]. Одни авторы использовали показатели устойчивости прямохождения как индикаторы утомления [8, 9, 11], другие — для изучения влияния факторов окружающей среды на состояние организма человека [2, 5]. Существующие способы регистрации колебания общего центра тяжести — стабилорафия и кефалография используются мало в связи с высокой трудоемкостью обработки графической информации, а также значительной вариабельностью данных, отражающих индивидуальные особенности регуляции позы человека [7].

Предлагаемая нами новая методика — стабилометрия — реализована на базе устройства для исследования нервной системы, отличается использованием принципа биологической обратной связи (БОС). Конструктивно стабиломер выполнен в виде трех отдельных блоков: блока датчиков (стабилоплатформа), блока исследуемого (дисплей), блока анализа.

Блок датчиков представляет собой стабиллоплатформу, на верхнюю опорную плиту которой становится исследуемый. Между верхней и нижней опорными плитами стабиллоплатформы установлены упругие элементы с наклеенными на них тензорезисторами, которые являются плечами двух тензометрических мостов. В диагональ каждого моста включен дифференциальный усилитель на интегральных микросхемах (ИМС), выполняющий функции предварительного усиления сигнала с выхода моста. Каждый мост питается от своего стабилизированного источника напряжения 8 В.

Блок исследуемого технически реализует БОС и предназначен для выдачи визуальной информации исследуемому о его положении на платформе. Он выполнен в виде цифрового информационного табло с экраном или на основе дисплея. Регулировка табло по высоте позволяет установить экран дисплея на уровне глаз пациента.

Блок анализа предназначен для анализа и преобразования сигнала ошибки отклонения общего центра тяжести исследуемого от положения равновесия и состоит из выходного усилителя, вычислителя и аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

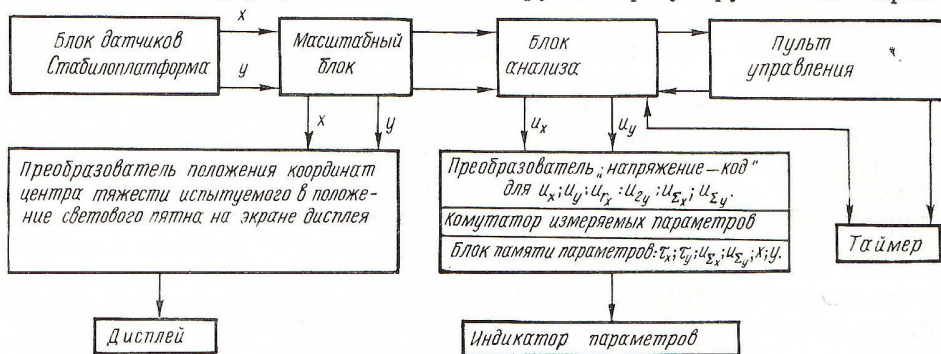
Выходной усилитель выполнен на операционном усилителе, включенном по схеме инвертирующего усилителя с коэффициентом усиления, составляющим 100.

Вычислитель служит для определения следующих параметров: максимального (минимального) времени удержания центра тяжести в заданном интервале ошибки отклонения (U_t); интегральной ошибки

слежения (ИОС) на заданном временном интервале одновременно в сагиттальной и фронтальной плоскостях (U_{Σ}).

Стабиломер снабжен схемой автоматической установки нуля. На передней панели блока анализа расположены: указатель положения исследуемого на платформе; зоны считывания информации о времени удержания центра тяжести в данном временном интервале и интегральной ошибки слежения в сагиттальной и фронтальной плоскостях; ручки регулировки.

Стабиломер работает следующим образом. Испытуемый становится на стабиллоплатформу и согласно инструкции регулирует свою верти-



Функциональная схема устройства стабиломера.

кальную позу таким образом, чтобы индикатор положения исследуемого на платформе находился в перекрестке двух взаимно перпендикулярных линий. При установке исследуемого на верхнюю опорную плиту платформы из-за колебаний его центра тяжести возникают моменты сил, которые вызывают деформацию упругих элементов и изменение сопротивлений тензорезисторов. На выходах тензометрических мостовых схем появляются напряжения, пропорциональные проекциям момента силы тяжести исследуемого на оси системы координат, начало которой расположено в центре верхней опорной плиты платформы. Эти напряжения усиливаются предусилителями сагиттального и фронтального каналов и по кабелю подаются в блок анализа. В последнем одновременно происходит вычисление U_t и U_{Σ} и преобразование аналогового сигнала ошибки в код информационного табло. Время исследования задается экспериментатором и может изменяться от 30 до 60 с. Функциональная схема устройства стабиломера приведена на рисунке.

Высокий технический уровень прибора, автоматический анализ показателей стабилометрии, строго фиксированное время измерения позволили оценить эффективность методики при обследовании функционального состояния организма практически здоровых водителей грузового автотранспорта. Анализ изменения ИОС в различных возрастных группах (см. таблицу) показывает, что с возрастом у водителей значения ИОС закономерно увеличиваются. Этот показатель выше ($P < 0,001$) у водителей в возрасте 30—39 лет по сравнению с таковым у

Интегральная ошибка слежения (ИОС) у водителей грузового автотранспорта различных возрастных групп, усл. ед.

Возраст	n	$\bar{X} \pm m$	σ	Cv. %	P
20—29 лет	720	$32,5 \pm 0,25$	6,8	20,9	—
30—39 лет	329	$34,2 \pm 0,33$	5,9	17,3	$< 0,001$
40—49 лет	165	$34,7 \pm 0,52$	6,7	19,3	$< 0,05$
50—59 лет	210	$36,3 \pm 0,56$	8,1	22,3	$< 0,05$

Примечание. n — число испытуемых.

молодых водителей; в следующей возрастной группе (40—49 лет) значения ИОС_ф не изменяются, а в возрасте 50—59 лет наблюдается их достоверное повышение.

Оценка динамики функционального состояния в течение рабочей смены по методу наибольшего правдоподобия [10] позволила определить прогностическую значимость ИОС у водителей после рабочей смены. Полученные значения коэффициентов отношения правдоподобия показывают, что риск ухудшения функционального состояния при увеличении ИОС после работы по сравнению с исходными значениями составляет 6,8, т. е. является значительным:

Снижение ИОС	0,2
Увеличение ИОС	6,8

Это позволяет использовать стабилometriю для оценки производственной нагрузки и нормирования труда водителей.

Приведенные, а также ряд других материалов физиологических и клинических позволили рекомендовать методику стабилometriи для широкого круга медико-биологических исследований.

A PROCEDURE TO STUDY VARIATIONS IN THE COMMON HUMAN CENTRE OF GRAVITY (STABILOMETRY)

V. N. Kazakov, V. Ya. Umansky, Yu. E. Lyakh, A. I. Klimenko

A procedure to study variations of the common human centre of gravity (stabilometry) permits using a principle of a biological feedback. It is achieved by application of a device to study the nervous system. A procedure is recommended to be widely used in applied physiology.

A. M. Gorky Medical Institute,
Ministry of Public Health of the Ukrainian SSR, Donetsk

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 850043 (СССР), МКИ, 4А61 В5/16 Устройство для оценки функционального состояния центральной нервной системы / Г. П. Кондратенко, В. Н. Казаков, В. Я. Уманский и др. — Оpubл. 15.03.84, Бюл. № 28.
2. Баранов Е. М. Физиолого-гигиеническая оценка вибрации рабочих мест водителей автомобилей // Медико-биологические проблемы на автотранспорте. — М., 1982. — С. 113—114.
3. Гурфинкель В. С., Коц Я. М., Шик М. Л. Регуляция позы человека. — М.: Наука, 1965. — 256 с.
4. Гурфинкель В. С., Липищ М. И., Мори С. и др. Стабилизация положения тела — основная задача позной регуляции // Физиология человека. — 1981. — 7, № 3. — С. 400—410.
5. Евдокимова И. В., Спиранде Л. Н., Пономарева И. И. Клинико-физиологические исследования состояния вестибулярного аппарата операторов, подвергшихся воздействию низкочастотных колебаний // Тез. докл. III Всесоюз. симпози. «Влияние вибрации на организм человека и проблемы виброзащиты». — М., 1977. — С. 261—264.
6. Магнус Р. Установка тела. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 624 с.
7. Методы математической биологии. Киев: Вища школа, 1984. — Кн. 8. — 335 с.
8. Петухов Ю. Н. Состояние регуляции вертикальной позы космонавтов // Космич. биология и медицина. — 1970. — № 6. — С. 50—54.
9. Сухарев А. Г. Новая аппаратура для стабiloграфии и ее применение в оценке устойчивости стояния человека при утомлении // Гигиена труда. — 1965. — № 2. — С. 56—58.
10. Шиган Е. Н. Применение методов распознавания при изучении здоровья населения // М.: Медицина, 1977. — 75 с.
11. Ganchev G. N., Dunev St. Study of the Body Sway of Workers at high Buildings // Quatrieme symposium international de posturographie. — Sofia, 1977. — P. 67—68.
12. Murray M. P., Seirey A. A., Sepie S. B. Normal postural stability and steadiness Quantitative Assessment // J. Bone. Jt. Surg. — 1975. — 57, N 4. — P. 510—515.

Донец. мед. ин-т им. А. М. Горького
М-ва здравоохранения УССР

Материал поступил в редакцию 17.05.88