

УДК 612.833

Н.В. Холмогорова, П.А. Кручинин, В.Ю. Шлыков, С.С. Слива**ДИАГНОСТИКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ЧЕЛОВЕКА
НА ОСНОВЕ СИЛОКООРДИНАТНЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ
КОМПЛЕКСОВ**

В работе проводится сравнительный анализ частотных спектров стабилотграмм при изменении функционального состояния человека, регистрируемого двумя силомоментными аппаратно-программными комплексами (АПК): компьютерным стабилотграфом «Стабилан 01» (г. Таганрог) и АПК «Многофункциональное кресло» (Совместная разработка МГППУ и ЗАО «ОКБ “Ритм”» г. Таганрог).

Стабилотграмма; частотный спектр; силокоординатные датчики.

N.V. Kholmogorova, P.A. Kruchinin, V.Y. Shlykov, S.S. Sliva**DIAGNOSTICS OF FUNCTIONAL HUMAN'S STATE BASED
ON FORCE-COORDINATE COMPLEXES WHICH CONSIST OF SOFTWARE
AND HARDWARE PARTS**

Comparative analysis of frequency stabilogram contents was conducted in the work. This analysis was made in condition of functional change of human's state that was registered by two hardware-based and software complexes "Stabilan 01" and "Multifunctional Chair".

Stabilogram; frequency spectrum; force-coordinate sensors.

К перспективным способам диагностики функционального состояния можно отнести оценку силовых взаимодействий человека с окружающей средой с помощью силокоординатных датчиков. Это обусловлено чувствительностью спектральных характеристик их показателей (стабилотграмм, балистотграмм и т.д.) к изменениям функциональных (утомление, эмоциональное напряжение) и развитию патологических состояний человека. Стабилотграфический сигнал по своей природе является интегративным и включает механическую, мышечную и вегетативные (дыхание, кардиоритм) составляющие, что находит отражение в его частотном спектре. Однако степень выраженности той или иной составляющей в частотном спектре может зависеть как от способа съема сигнала, так и от особенностей синергии позы.

В работе рассматривается задача сравнительного анализа частотных спектров стабилотграмм здорового взрослого человека при изменении его функционального состояния, регистрируемого двумя силомоментными аппаратно-программными комплексами (АПК): компьютерным стабилотграфом «Стабилан 01.16» (г. Таганрог) и АПК «Многофункциональное кресло» (Совместная разработка МГППУ и ЗАО «ОКБ “Ритм”» г. Таганрог). Двигательная задача заключалась в удержании в руке, опирающейся локтем на неподвижную опору, груза в 2 кг. Груз удерживался в руке 2–3 мин, что соответствовало началу развития утомления. При стоянии на стабилотграфе съем сигнала осуществлялся до и после удержания груза. В условиях сидя проводились измерения, во время и после выполнения статической работы. Кроме того, у одного из обследуемых при спокойном сидении было смоделировано состояние утомления, переходящее в дремоту. Одновременно с показаниями силомоментных датчиков записывали дыхание и кардиоритм. Оценки спектрального уровня плотности мощности сигналов были получены в пакете MATLAB на основе непараметрического метода Велча [Welch]. Для вычислений выбирались интервалы времени, протяженность которых превышала 60 с при частоте опроса датчиков 50 Гц. В исследовании приняло участие 6 человек. Кроме этого, у одного

из обследуемых при спокойном сидении было смоделировано состояние утомления, переходящее в дремоту.

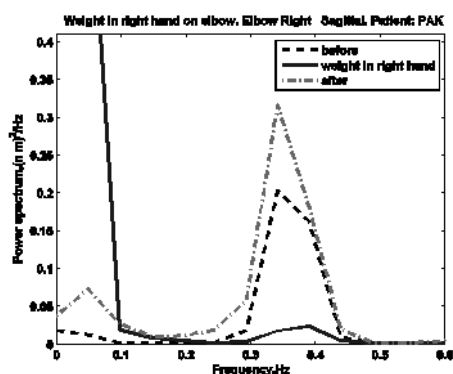
Существенным признаком «Многофункционального кресла», принципиально отличающим его от существующих на сегодняшний день прототипов, является то, что данный АПК позволяет регистрировать поструральные макро- и микродвижения (смещения) человека. Колебательные процессы, связанные с сердцебиением, дыханием, тремором отдельных групп мышц имеют высокочастотный локализованный источник возбуждения. Человеческое тело представляет собой сплошную среду, в которой указанные колебательные процессы порождают распространяющиеся волны. Эти волны вызывают колебания на поверхности тела, которые могут регистрироваться силоизмерительной аппаратурой. Вязкие свойства среды вызывают затухание волн и ограничивают область их распространения. В отличие от известных аналогов, чувствительные элементы силокоординатных датчиков «Многофункционального кресла» приближены к источникам волн, что позволяет получать достоверные сведения об этих волновых процессах, снижает искажения, вызванные особенностями прохождения волны через анизотропную среду и, тем самым, позволяет анализировать динамику источника возбуждения (статья в ЮФУ, 2009).

Результаты пилотных исследований показали, что у спокойно сидящего человека во время и сразу после удержания груза рукой возрастает мощность колебаний, регистрируемых силомерными датчиками и очувственных повернностей на частотах дыхательного ритма, что наиболее выражено в частотном спектре сигнала сагиттальной плоскости подлокотников (рис. 1).

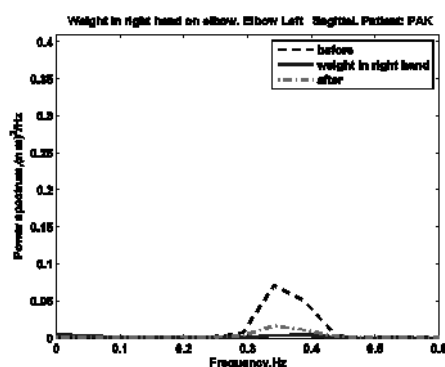
Для датчиков спинки и сидения многофункционального кресла поструральные колебания в диапазоне частот 0,2–0,4 Гц хорошо коррелируют с параметрами дыхания, как во время, так и после завершения статической работы ($r = 0,7-0,8$).

Выполнение статической работы в условиях стоя сопровождается усилением мощности частотного спектра фронтальных стабилграмм в диапазоне дыхательного ритма. Однако этот эффект усиления мощности поструральных колебаний выражен в меньшей степени и не столь стабилен (встречается не у всех обследуемых), как в случае подъема груза сидя.

Спокойное сидение усталого человека в кресле, переходящее в дремоту приводит к уменьшению мощности частотного спектра стабилграмм сидений и спинки АПК в диапазоне низких частот вне дыхательного ритма (рис. 2 и 3). Переход к глубокому и ровному дыханию во время сна отражается на графике спектральной плотности сужением диапазона частот и увеличением пика колебаний в диапазоне частот дыхательного ритма.



а



б

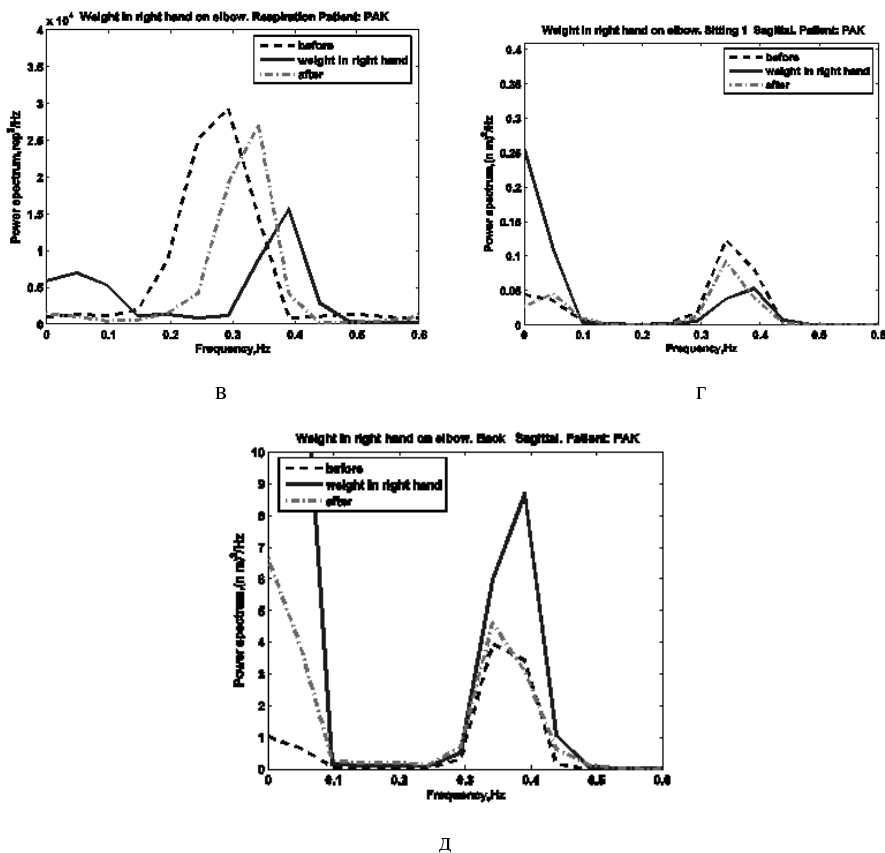


Рис. 1. Низкочастотные участки спектральных характеристик колебаний, регистрируемых силомоментными датчиками чувствительных поверхностей многокомпонентного кресла, вычисленные по результатам эксперимента со статической нагрузкой (исп. К. груз в правой руке): а и б – датчик момента в сагиттальной плоскости для правой и левой рук; в – сагиттальная координата стабилограммы левого сиденья; г – сагиттальная координата стабилограммы спинки; д – датчик дыхания. Сплошная линия – с нагрузкой, штриховая – до нагрузки, штрих-пунктир – после нагрузки

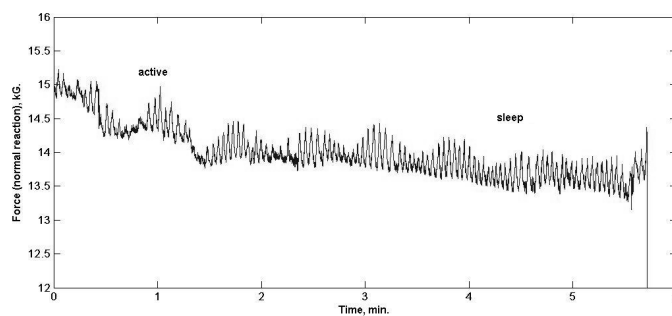


Рис. 2. Запись баллистограммы силовой платформы сиденья многофункционального кресла исп. Ш. в состоянии утомления, переходящем в дремоту

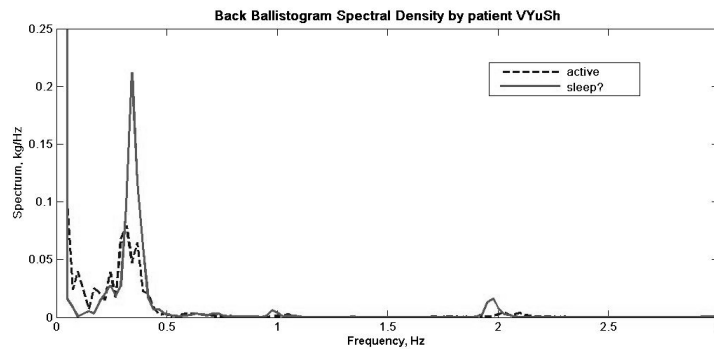


Рис. 3. Спектр мощности баллистограммы силовой платформы сиденья многофункционального кресла исп. Ш. в момент бодрствования (пунктир) и во время сна (сплошная линия)

На основании проведенных исследований можно говорить о том, что изменение мощности частотного спектра постуральных колебаний в области дыхательного ритма, по-видимому, можно рассматривать как маркер изменения функционального состояния человека. В условиях позы сидения к изменениям функционального состояния человека наиболее чувствительны постуральные колебания в сагиттальной, а при стоянии – во фронтальной плоскости. В случае отсутствия специальной двигательной задачи, связанной с вертикальной позой, АПК «Многофункциональное кресло» для диагностики функционального состояния человека оказывается эффективнее стабилографа, так как более полно оценивает вегетативные и мышечные составляющие сигналов, регистрируемых силокоординатными датчиками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кручинин П.А., Холмогорова Н.В., Слива С.С., Левик Ю.С., Шлыков В.Ю., Писаренко О.А. Аппаратно-программный стабилографический комплекс для диагностики функциональных и преморбидных состояний человека // Известия ЮФУ. Технические науки – 2009. – № 10 (99). – С. 117-121.
2. Пьер-Мари Гаже Бернар Вебер. Регуляция и нарушения равновесия тела человека // Постурология. – СПб.: СПбМАПО, 2008. – 314 с.
3. Скворцов Д.В. Клинический анализ движений. Стабилометрия. – М.: АОЗТ «Антидор», 2000. – 192 с.
4. Гурфинкель В.С., Коц Я.М., Шук М.Л. Регуляция позы человека. – М.: Наука, 1965. – 255 с.
5. Gurfinkel V.S., Elnor A.M. The relation of stability in a vertical posture to respiration in focal cerebral lesions of different etiology // Neuropathology & psychiatry. – 1968. – Vol. 58. – P. 1014-1018.
6. Gurfinkel V.S. Physical foundations of stabilography // Agressologie. – 1973. – V. 14. – P. 9-14.
7. Hunter I.W., Kearny R.E. Respiratory components of human postural sway // Neurosci lett. – 1981. – V. 25. – P. 155-159.
8. [Welch] Welch P.D. The Use of Fast Fourier Transform for the Estimation of Power Spectra: A Method Based on Time Averaging Over Short, Modified Periodograms // IEEE Trans. Audio Electroacoust. – 1967. – Vol. AU-15. – P. 70-73.

Холмогорова Наталья Владимировна

Московский государственный педагогический университет.

E-mail: natalya_holmogor@mail.ru.

117263, г. Москва, ул. Кибальчича, д. 6/4.

Тел.: 84956820173.

Кручинин Павел Анатольевич

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова.

E-mail: pkruch@mech.math.msu.su.

119992, г. Москва, Ленинские горы.

Тел.: 84959393383.

Шлыков Владимир Юрьевич

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН.

E-mail: shlykov@iitp.ru.

127994, г. Москва, ГСП-4, Большой Каретный переулок, 19.

Тел.: 84956502895.

Слива Сергей Семенович

Закрытое акционерное общество «ОКБ “Ритм”».

E-mail: stabilan@okbritm.com.ru.

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

Тел.: 88634623190.

Holmogorova Natalya Vladimirovna

Moscow pedagogical State university.

E-mail natalya_holmogor@mail.ru.

6/4, Kibalchicha street, Moscow, 117263, Russia.

Phone: +74956820173.

Kruchinin Pavel Anatol'evich

Moscow Lomonosov State university.

E-mail: pkruch@mech.math.msu.su.

Lenin hills, Moscow, 119992, Russia.

Phone: +74959393383.

Shlykov Vladimir Yur'evich

Institute for Information Transmission Problems RAS.

E-mail: shlykov@iitp.ru.

19, Bolshoy Karetny lane, Moscow, 127994, Russia.

Phone: +74956502895.

Sliva Sergey Semenovich

Joint Stock Company «ОКБ “Ритм”».

E-mail: stabilan@okbritm.com.ru.

99, Petrovskaya street, Taganrog, 347900, Russia.

Phone: +78634623190.

УДК 612.76

М.П. Шестаков, Е. Шелудько, А.В. Абалян, Т.Г. Фомиченко

**ИССЛЕДОВАНИЕ КООРДИНАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ СПОРТСМЕНОВ
В ВИДАХ СПОРТА С АСИММЕТРИЧНЫМ ВЫПОЛНЕНИЕМ ДВИЖЕНИЯ**

Цель работы состояла в разработке технологии совершенствования координационной подготовленности спортсменов в видах спорта с асимметричным выполнением движения. Была разработана методика сопряженного развития уровня силовой и координационной подготовленности с использованием статодинамических упражнений и контроля устойчивости положения тела с помощью стабиланализатора “Стабилан-01”.

Стабилометрия; двигательная асимметрия; координация.