

Раздел V. Методы и средства компьютерной стабилографии

УДК 612.76

О.Д. Давыдов, А.И. Монтиле, Ю.В. Марчук, А.А. Монтиле

РЕЗУЛЬТАТЫ КЛИНИЧЕСКОЙ АПРОБАЦИИ НОВОЙ СИСТЕМЫ СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ДИАГНОСТИКИ, КОНТРОЛЯ ЛЕЧЕБНОГО ПРОЦЕССА И ОЦЕНКИ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

В результате клинической апробации новой системы показателей выявлена пространственная конфигурация частоты появления интервалов движения с постоянной скоростью во фронтальной и сагиттальной плоскости, являющаяся необходимым признаком устойчивого равновесия при отсутствии целенаправленного движения. Различным анатомическим и функциональным патологиям соответствуют специфические изменения формы, которые уменьшаются при успешном лечении и могут быть клинически интерпретированы. Параметрические (фиксируемые предлагаемой системой показателей) и визуально выявляемые структурные особенности гистограмм и диаграмм рассеяния интервалов обеспечивают дифференциацию нарушений функции равновесия по мышечной, нервной и костно-суставной подсистемам. Их использование обеспечивает возможность диагностики, оценки тяжести патологии, контроля процесса восстановления при комплексных патологиях и сочетанных травмах, связанных с совместными функциональными нарушениями и/или анатомическими повреждениями костно-суставной, мышечной и нервной подсистем. Решены задачи: скрининговой диагностики начальных стадий идиопатического сколиоза; дифференциации и оценки тяжести функциональных нарушений при детском церебральном параличе; контроля лечебного процесса при эндопротезировании тазобедренных и коленных суставов; оценки результатов консервативного и хирургического лечения посттравматического остеоартроза голеностопных и таранно-пяточных суставов.

Компьютерная стабилометрия; показатели стабилометрического тестирования.

O.D. Davydov, A.I. Montile, Yu.V. Marchuk, A.A. Montile

THE RESULTS OF CLINICAL APPROBATION A NEW SYSTEM STABILOMETRIC INDICATORS IN SOLVING PROBLEMS OF DIAGNOSTICS AND CONTROL OF TREATMENT PROCESS AND ASSESSMENT OF ITS EFFECTIVENESS

A spatial configuration of the occurrence motion intervals frequency with constant velocity in frontal and sagittal plane identified as the result of clinical approbation of a new indicators system. This configuration is the necessary sign of stable equilibrium in the absence tasked with addressing movement. Specific changes forms, which can be reduced with successful treatment and may be clinically interpreted, are corresponded to various anatomical and functional pathologies. Parametric (fixed by the proposed system of indicators) and visually detectable structural features of histograms and scatter plots intervals provide violations differentiation of the muscle equilibrium function, nerve and bone and joint subsystems. Their usage provides possibility the diagnosis, assessment of pathology severity, control the recovery process in complex pathologies and combined injuries connected with joint functional disorders and/or anatomical damage of

bone, joint, muscular and nervous systems. Solved problems: screening diagnostics of early idiopathic scoliosis stages; differentiation and assess the severity of functional disorders in children cerebral paralysis; control of treatment process at the hip and knee joints; evaluation of the conservative results and surgical treatment of post-traumatic ankle arthritis and ankle-heel joints.

Computer stabilometry; stabilometric testing indicators.

Актуальность тематики, обусловлена потребностями клинической практики, связанными с потенциальной возможностью использования результатов стабилметрических исследований функционального состояния двигательной системы человека [2, 6] для решения задач диагностики и оценки эффективности лечебных мероприятий. Проблема заключается в отсутствии общепринятых методик обработки данных стабилметрических тестов [2] при решении медицинских задач врачами различных специализаций, создание которых тормозится крайне узким применением стабилметрии в клинической практике лечебных учреждений любого профиля, несмотря на наличие аппаратуры и программного обеспечения.

Основными причинами сложившейся ситуации, на наш взгляд, являются затруднения при интерпретации стабилметрических показателей в понятийной системе врача. Ситуация усугубляется отсутствием клинически интерпретируемых связей между изменениями значений подавляющего большинства показателей из стандартного, векторного и частотного наборов – и наблюдаемой врачом структурной и функциональной динамикой состояния двигательной системы больного.

Кроме того, клиническая практика с необходимостью требует максимального учета индивидуальных особенностей организма пациента [3], что противоречит ориентации известных в настоящее время показателей и критериев на описание статокинезиограмм и отдельных стабилограмм в целом. Большинство значений получаются в результате усреднений по всему набору непосредственно измеряемых и вычисляемых на их основе показателей [6]. Как следствие, для последующего анализа становятся недоступными многие индивидуальные особенности стабилограмм и статокинезиограмм. В свою очередь, доминирующая тенденция применения в качестве критерия единственной величины [7, 9] позволяет определить факт наличия функционального нарушения, но не дает возможности выявить причины, вызвавшие данное нарушение, так как одно и то же значение критерия может обуславливаться различными взаимосвязанными, разнонаправлено и нелинейно влияющими факторами. При отображении многомерного пространства признаков на числовую ось, утрачиваются многие возможности для выявления и дифференциации причин нарушения движений. Последнее, существенно для диагностики, оценки тяжести нарушений, выбора стратегии и тактики лечения, определения прогноза, контроля восстановления и оценки эффективности лечения при комплексных патологиях и сочетанных травмах.

Практической целью проводимых в УНИИТО им. В.Д. Чаплина исследований является расширение использования стабилметрических исследований в клинической практике для доказательного решения задач диагностики, определения тяжести патологии, контроля восстановления и оценки результатов лечения. Особенностью клинической базы является комбинированный характер большинства травм и заболеваний, затрагивающих различные элементы костно-суставной, мышечной и нервной систем, что предполагает объективное различение взаимообусловленных индивидуальных анатомических и функциональных особенностей систем организма пациента; определение типа и степени влияния каждой из них в норме и патологии на состояние пациента и организацию движения в целом.

Метод и клиническая база. Разработан новый набор показателей и способ их получения [10], с 2011 года проходящий клиническую апробацию в УНИИТО. Теоретической основой предложенной системы показателей служит модель дви-

жения, учитывающая в явном виде фактически выявленную на всех уровнях организации движения дискретность процессов [1, 2]. Второй особенностью модели, по сравнению с известной в различных модификациях [1, 2, 5, 8] кинематической моделью Бернштейна-Гельфанда, является первичность моделирования взаимодействующих мышечной и нервной подсистем. Костно-суставная система рассматривается как «источник» динамических ограничений.

Основным понятием новой системы показателей является интервал неизменного движения – двухкомпонентная величина $(\Delta t_i, V_i)$, характеризующаяся значениями двух переменных: длительность интервала (Δt_i), и постоянная для интервала скорость (V_i). Рассматриваются интервалы неизменного движения при перемещении во фронтальной и сагиттальной плоскостях, а также для статокинезиограммы. В последнем случае определяются интервалы с постоянными линейными и угловыми скоростями. Стабилограммы интерпретируются как последовательности элементарных интервалов. Статокинезиограмма рассматривается как последовательность обобщенных интервалов. Параметризация результата стабилметрического теста базируется на определении количества типов элементов (различных по длительности и скорости интервалов неизменного движения), количества элементов каждого типа (интервалов конкретной длительности с конкретной скоростью), мощностей подмножеств типов элементов (количества интервалов одинаковой длительности с различными скоростями движения, количества интервалов движения различных длительностей с одинаковыми скоростями) и фиксации связей между элементами различных типов, каждая из которых характеризуется конкретным мгновенным изменением скорости. Временные показатели предложенной системы позволяют делать заключения о нервной составляющей процесса движения, а скоростные – о мышечной. Диапазоны скоростных показателей, их величина и симметрия/асимметрия для всех или отдельных длительностей интервалов характеризуют особенности костно-суставного аппарата пациента.

В обследовании приняло участие 403 человека в возрасте от 6 до 75 лет. Из них 149 человек без выявленной патологии (в том числе: 15 – в возрасте 6–8 лет; 54 – в возрасте 18–22 года; 52 – в возрасте 30–45 лет; 28 – в возрасте 50–60 лет), 37 больных с посттравматическим остеоартрозом голеностопного и 18 больных с остеоартрозом таранно-пяточного суставов, 47 больных с деформирующим остеоартрозом коленных суставов, 56 больных с деформирующим остеоартрозом тазобедренных суставов, 16 больных ДЦП, 26 больных идиопатическим сколиозом I-II степени, 42 больных продольным плоскостопием I-II степени, 12 пациентов с дисметаболическими полинейропатиями нижних конечностей.

Исследования проводились с использованием стабиланализатора «Стабилан-01» (ЗАО «ОКБ «Ритм», г. Таганрог). Обследование включало проведение стандартного стабилметрического теста продолжительностью 20 секунд. Тест повторялся три раза с перерывами в 3–5 минут. Тестирование проводилось до операции, на 12 суток после проведения операции, а также через 6 и 12 месяцев.

С помощью специализированного программного комплекса определялись значения вышеперечисленных показателей, формировались связанные со спецификой постановки клинической задачи выборки результатов, проводился визуальный анализ 2D и 3D гистограмм, диаграмм рассеяния. Результаты экспортировались в программу обработки биометрических данных «Радикал» [4], и в «Statistica v.6.0». Использовались методы параметрической статистики, как в рамках одноуровневого кластерного, дискриминантного и регрессионного анализа, так и с привлечением методик построения деревьев решений с переменными по уровням наборами признаков, метриками и алгоритмами.

Результаты и обсуждение. В процессе клинической апробации для обследуемых без выявленных патологий («норма») и для пациентов с заболеваниями был обнаружен важный с нашей точки зрения факт – полученные в результате обработки данных пассивных стабилметрических тестов, трехмерные гистограммы распределения интервалов движения с постоянной скоростью (Δt_i , V_i) имеют повторяющуюся при всех измерениях форму, одинаковую, как для фронтальной (X), так и для сагиттальной (Y) координат (рис. 1 – «норма»). Если отсутствует целенаправленное движение, частота появления интервалов неизменного движения с определенными длительностями и скоростями при удержании равновесия всегда характеризуется однотипной формой поверхности гистограммы.

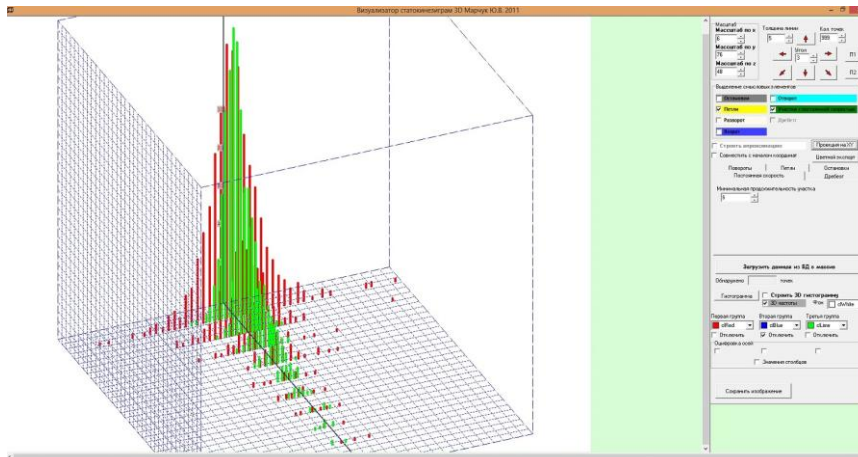


Рис. 1. Частота появления интервалов движения длительностью Δt_i (ось X) с постоянной скоростью V_i (ось Y) во фронтальной плоскости у обследуемого без выявленных патологий (зеленый цвет) и обследуемого с идиопатическим сколиозом I ст. (красный цвет)

Основными визуальными признаками экспериментально выявленной формы являются колоколообразный вид сечений распределения по $\Delta t_i = \text{const}$ и гистограммы скоростей в целом, монотонное убывание значений в сечениях по $V_i = \text{const}$, и гистограммы длительностей интервалов в целом; симметрия фигуры относительно секущей $V=0$. Одинаковы по виду и симметричны относительно оси Δt диаграммы рассеяния интервалов (Δt_i , V_i), являющиеся проекцией гистограммы на плоскость (Δt_i ; V_i). Множество точек диаграммы рассеяния ограничено сверху и снизу монотонно убывающими гиперболическими функциями.

Для аппроксимации зависимости, выявленной для здоровых обследуемых, в настоящее время используется функция вида:

$$\mu(V, \Delta t) = k_1 * \exp(-k_2 * (V * \Delta t)^2) / \Delta t,$$

где k_1 и k_2 определяются индивидуально.

Параметризованная для обследуемых без выявленных патологий функциональная зависимость используется нами как эталон для сравнения с результатами тестирования пациентов с нарушенными движениями.

Визуально общий вид формы огибающей поверхности сохраняется для пациентов со всеми рассмотренными диагнозами при различной тяжести проявления функциональной патологии костно-суставного аппарата, нервной и мышечной систем (например, рис. 1 – «сколиоз»). Различным анатомическим и функциональным патологиям соответствуют специфические, фиксируемые с помощью

признаков отклонения от «нормальной» формы, которые уменьшаются при успешном лечении. Анатомическим и обуславливаемыми ими функциональным нарушениям костно-суставного аппарата, соответствует асимметрия относительно нулевых значений средин диапазонов изменения скоростей для интервалов определенных длительностей или характерные нарушения формы трехмерных гистограмм в целом. Функциональным нарушениям в нервной системе, соответствуют изменения формы гистограмм, связанные с длительностями интервалов, причем уменьшение количества длительностей интервалов свидетельствует о функциональной недостаточности нервной системы в целом, а отсутствие интервалов определенной длительности, либо нарушение колоколообразной формы гистограмм скоростей для них свидетельствует об отсутствии рефлекторного кольца с соответствующим периодом или их параметрической патологии. Функциональным нарушениям в мышечном аппарате соответствуют изменения диапазонов разброса значений скоростей и мгновенных изменений скоростей, как для всех интервалов, так и для отдельных длительностей интервалов, причем уменьшение диапазонов для всех интервалов относительно нормы, свидетельствует о мышечном дефиците.

Таким образом, появляется возможность оценки тяжести патологии и контроля процесса восстановления с детализацией имеющих место двигательных расстройств, связанной с их декомпозицией на функциональную и/или анатомическую патологии костно-суставной, мышечной и нервной подсистем. По данным повторных стабиллометрических исследований пациентов, осуществляемых на разных этапах лечения, прослежена динамика восстановления функциональных нарушений отдельно по костно-суставной, мышечной и нервной подсистемам. Оценка эффективности лечения производится по двум направлениям: сравнение показателей с нормой и сравнение с исходным состоянием, что позволяет учитывать влияние исходной тяжести патологии.

Форма поверхности для параметрического анализа описывается набором значений вышеперечисленных признаков. В настоящее время нами используется 93 показателя, 11 показателей для каждого из 8 сечений по оси Δt ($\Delta t = 0,02; 0,04; \dots; 0,16$ с) и 5 показателей фиксирующих количества интервалов различных типов для стабиллограмм (фронтальной и сагиттальной). Используемый набор показателей обеспечил решение всех задач, поставленных в процессе клинической апробации (диагностика начальных стадий идиопатического сколиоза; дифференциация и оценка тяжести функциональных нарушений при ДЦП; контроль лечебного процесса при эндопротезировании тазобедренных и коленных суставов; оценка результатов консервативного и хирургического лечения при посттравматическом остеоартрозе голеностопного и таранно-пяточных суставов) различными методами параметрической обработки данных. Причем решение каждой задачи сводилось к использованию нескольких признаков (от 2 до 9), с очевидностью отображающих визуально определяемые отличия специфических при патологиях форм гистограмм и диаграмм от «нормальных». Например, при диагностике ранних стадий сколиоза, достаточно использовать количество интервалов движения во фронтальной плоскости с постоянными скоростями длительностью 0,02 сек, для определения принадлежности обследуемого к группе риска по сколиозу, при этом чувствительность и специфичность метода диагностики, рассчитанные по стандартной методике составили при параметрической обработке соответственно 0,91 и 0,86, а при визуальном анализе 0,97 и 0,94.

Необходимо отметить, что клиницисты предпочитают визуальное сравнение гистограмм, поверхностей и диаграмм рассеяния, которое не только наглядно и понятно, благодаря легкости интерпретации (скорости и их изменения – мышцы; локальные дефекты и асимметрии сечений формы – костно-суставный аппарат;

количество длительностей интервалов и колоколообразная форма – нервная система), но и позволяет учитывать структурные особенности поверхности, характеризующие индивидуальную специфику пациента и заболевания, которые не могут быть отображены параметрически в рамках известных на сегодня математических методов обработки данных.

Заключение. Результаты клинической апробации новой системы показателей позволяют сделать выводы, что предлагаемый в дополнение к стандартным, векторным и частотным показателям набор: может быть использован, как при оценке функционального состояния двигательной системы в целом, так и для дифференциации по костно-суставной, мышечной и нервной подсистемам; может быть рекомендован для повышения объективности диагностики, дифференциальной диагностики, определения тяжести патологий, контроля процесса восстановления и оценки конечных результатов лечения.

Была выявлена легко интерпретируемая феноменологическая модель «идеального» поддержания равновесия при отсутствии целенаправленного движения, которая может быть использована для замены определяемой на основе экспериментально формируемых выборок «нормы» при сравнительном анализе результатов стандартного стабилметрического тестирования пациентов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бернштейн Н.А.* Физиология движения и активность. – М.: Наука, 1990. – 495 с.
2. *Гаже П.М., Вебер Б.* Постурология. Регуляция и нарушения равновесия тела человека. – СПб.: Изд. дом СПбМАПР, 2008. – 316 с.
3. *Гельфанд И.М., Розенфельд Б.И., Шифрин М.А.* Очерки о совместной работе математиков и врачей. – М.: Едиториал УРСС, 2011. – 320 с.
4. *Монтиле А.А., Шавнин С.А., Монтиле А.И.* Кластерный и регрессионный анализ изменений количественных морфометрических признаков // Математическая биология и биоинформатика. – 2007. – Т. 2, № 1. – С. 60-65.
5. *Розенблюм М.Г., Фирсов Г.И., Кууз Р.А., Суслов В.Н.* Исследование хаотических колебаний в нелинейной системе управления поддержанием вертикальной позы тела человека // Вестник научно-технического развития: научно-технический журнал. – 2007. – № 3. – С. 32-42.
6. *Скворцов Д.В.* Клинический анализ движений, стабилметрия. – М.: АОЗТ «Антидор», 2000. – 192 с.
7. *Ташкинов А.А., Вильдеман А.В., Бронников В.А.* Индивидуальное прогнозирование двигательного развития у больных детским церебральным параличом на основе подходов статистического анализа // Российский журнал биомеханики. – 2010. – Т. 14, № 2 (48). – С. 69-78.
8. *Тяжелов А.А., Кизилова Н.Н., Фищенко В.А. [и др.]* Анализ стабилграмм на основе математической модели тела человека как многозвенной системы // Травма. – 2012. – Т. 13, № 4. – С. 17-25.
9. *Усачёв В.И., Говорун М.И., Голованов А.Е., Кузнецов М.С.* Динамическая стабилизация вертикального положения тела человека // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 9 (110). – С. 164-169.
10. Патент 2497451 РФ, МПК А 61 В 5/103. Способ диагностики функциональных нарушений опорно-двигательного аппарата / О.Д. Давыдов, А.И. Монтиле, Ю.В. Марчук, Н.Л. Кузнецова; ФГБУ «Уральский НИИТО им. В.Д. Чаклина» МЗ РФ. – № 2012124615/14; заявл. 14.06.2012; опубл. 10.11.2013, Бюл. № 31. – 16 с.

REFERENCES

1. *Bernshiteyn N.A.* Fiziologiya dvizheniya i aktivnost' [Physiology of movement and activity]. Moscow: Nauka, 1990, 495 p.

2. *Gazhe P.M., Veber B.* Posturologiya. Regulyatsiya i narusheniya ravnovesiya tela cheloveka [Posturology. Regulation and disturbances of the body]. St. Peterburg: Izd. dom SPbMAPR, 2008, 316 p.
3. *Gel'fand I.M., Rozenfel'd B.I., Shifrin M.A.* Ocherki o sovместnoy rabote matematikov i vrachey [Essays on the joint work of mathematicians and physicians]. Moscow: Editorial URSS, 2011, 320 p.
4. *Montile A.A., Shavnin S.A., Montile A.I.* Klasternyy i regressionnyy analiz izmeneniy kolichestvennykh morfometricheskikh priznakov [Cluster and regression analysis of changes in quantitative morphometric characteristics], *Matematicheskaya biologiya i bioinformatika* [Mathematical biology and bioinformatics], 2007, Vol. 2, No. 1, pp. 60-65.
5. *Rozenblyum M.G., Firsov G.I., Kuuz R.A., Suslov V.N.* Issledovanie khaoticheskikh kolebaniy v nelineynoy sisteme upravleniya podderzhaniey vertikal'noy pozy tela cheloveka [The study of chaotic oscillations in nonlinear control system maintaining a vertical posture of the human body], *Vestnik nauchno-tekhnicheskogo razvitiya: nauchno-tekhnicheskyy zhurnal* [Bulletin of the scientific-technical development: scientific and technical journal], 2007, No. 3, pp. 32-42.
6. *Skvortsov D.V.* Klinicheskiy analiz dvizheniy, stabilometriya [Clinical movement analysis, stabilometry]. Moscow: AOZT «Antidor», 2000, 192 p.
7. *Tashkinov A.A., Vil'deman A.V., Bronnikov V.A.* Individual'noe prognozirovaniye dvi-gatel'nogo razvitiya u bol'nykh detskim tserebral'nym paralichom na osnove podkhodov statisticheskogo analiza [Individual prediction of motor development in patients with cerebral palsy based on a statistical analysis], *Rossiyskiy zhurnal biomekhaniki* [Russian journal of biomechanics], 2010, Vol. 14, No. 2 (48), pp. 69-78.
8. *Tyazhelov A.A., Kizilova N.N., Fishchenko V.A. [i dr.]* Analiz stabilogramm na osnove matematicheskoy modeli tela cheloveka kak mnogozvennoy sistemy [Analysis of stabilogram on the basis of mathematical model of the human body as a multi-tier system], *Travma* [Trauma], 2012, Vol. 13, No. 4, pp. 17-25.
9. *Usachev V.I., Govorun M.I., Golovanov A.E., Kuznetsov M.S.* Dinamicheskaya stabilizatsiya vertikal'nogo polozheniya tela cheloveka [Dynamic stabilization of vertical human body position], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskyye nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2010, No. 9 (110), pp. 164-169.
10. Patent 2497451 RF, MPK A 61 V 5/103. Sposob diagnostiki funktsional'nykh naru-sheniy oporno-dvigatel'nogo apparata, *O.D. Davydov, A.I. Montile, Yu.V. Marchuk, N.L. Kuznetsova*; FGBU «Ural'skiy NIITO im. V.D. Chaklina» MZ RF, № 2012124615/14; zayavl. 14.06.2012; opubl. 10.11.2013, Byul. No. 31, 16 p.

Статью рекомендовал к опубликованию д.м.н., профессор Е.А. Волокитина.

Давыдов Олег Дмитриевич – ФГБУ Уральский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. В.Д. Чаклина Минздрава РФ; e-mail: davod09@yandex.ru; 620014, г. Екатеринбург, пер. Банковский, 7; тел.: 89506397914; зав. лабораторией биомеханики; к.м.н.

Монтале Андрей Иосипович – ФГБ ОУ высшего профессионального образования Уральский государственный лесотехнический университет; e-mail: amontile@gmail.com; 620075, г. Екатеринбург, ул. Луначарского, 182, кв. 188; тел.: 83432629606; к.т.н.; доцент.

Марчук Юрий Владимирович – Детская клиническая больница восстановительного лечения Научно-практический центр «Бонум»; e-mail: yura-mak@yandex.ru; 620034, г. Екатеринбург, ул. Опалихинская, 26, кв. 333; тел.: 89045447578; начальник информационно-аналитического отдела; к.ф.-м.н.

Монтале Андрей Андреевич – ФГБУ науки «Ботанический сад УрО РАН»; e-mail: org17@mail.ru; 620075, г. Екатеринбург, ул. Луначарского, 182, кв. 188; тел.: 83432608604; м.н.с.

Davydov Oleg Dmitrievich – Ural Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopedics; e-mail: davod09@yandex.ru; 7, street of the Bank, Ekaterinburg, 620014, Russia; phone: +79506397914; head of the biomechanics laboratory; cand. of med. sci.

Montile Andrey Iosipovich – Ural State Forest Engineering University; e-mail: amontile@gmail.com; 182-188, Lunacharskogo street, Ekaterinburg, 620075, Russia; phone: +73432629606; cand. of eng. sci.; associate professor.

Marchuk Yuri Vladimirovich – Scientific and Practical Center «Bonum»; e-mail: yuramak@yandex.ru; 26-333, Opalikhinskaya street, Ekaterinburg, 620034, Russia; phone: +79045447578; head of information and analytical department; cand. of phys.-math. sci.

Montile Andrei Andreevich – Botanical Garden-Institute, Ural Division of the Russian Academy of Sciences; e-mail: org17@mail.ru; 182-188, Lunacharskogo, street, Ekaterinburg, 620075, Russia; phone: +73432608604; research assistant.

УДК 616-071.2

О.В. Баулина, Т.В. Истомина, Е.В. Снопкова

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ СТАБИЛОМЕТРИИ В СПОРТИВНОЙ ГИМНАСТИКЕ

В современных условиях жизни и производства от человека требуется высокое мастерство быстрого, точного и экономичного управления сложными двигательными действиями. Поэтому одним из важнейших условий жизнедеятельности человека является высокий уровень развития координационных способностей. Предложена методика применения биологической обратной связи на основе стабилومتрии в спортивной гимнастике. Определено значение функции равновесия в выполнении гимнастических упражнений. Рассмотрены возможности применения методики биологической обратной связи на основе стабильности в спортивной гимнастике. Разработаны алгоритмы формирования групповых и индивидуальных норм спортсменов по различным видам гимнастических снарядов и элементов, а также алгоритм отбора наиболее перспективных спортсменов на различных этапах спортивной подготовки. Предложены некоторые модификации диагностического оборудования под гимнастические снаряды с целью повышения эффективности тренировки и мотивации спортсменов, а также намечены перспективы дальнейших исследований в данной области.

Спортивная гимнастика; функция равновесия; методика стабильности; БОС-тренинг гимнастов.

O.V. Baulina, T.V. Istomina, E.V. Snopkova

APPLICATION OF METHODS BIOFEEDBACK BASED ON STABILOMETRY IN THE SPORTS GYMNASTICS

The great skill of fast, accurate and economical managements of complex motor actions requires from a person in the modern conditions of life and production. Thus, one of the most important conditions of human life is the high level of coordination abilities. In this article the technique of biofeedback application based on the stabilometry gymnastics are described. The value of the equilibrium function in performing gymnastic exercises is defined. The possibilities of biofeedback application based on stabilometry gymnastics are considered. Algorithms for creating individual and group norms athletes during exercise at various gymnastic apparatus, and algorithm of selection the most promising athletes in various stages of athletic training are developed. Some modifications of diagnostic equipment for gymnastic apparatus to improve the fitness efficiency and athletes' motivation are offered, and the prospects for the further research in this area are scheduled.

Gymnastics; balance function; technique stabilography; biofeedback-training of gymnasts.

Спортивная деятельность требует от человека широкого диапазона пространственно-двигательной ориентировки, точности, быстроты, устойчивости и разносторонней координации движений во времени и пространстве. Сохранение равновесия