

3. Журавлева И.В. Здоровье подростков: социологический анализ. – М.: Институт социологии РАН, 2009. – 240 с.
4. Некрасова Е.В. Социальное здоровье молодежи как основа профилактики экстремизма в молодежной среде // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 12: Психология. Социология. Педагогика. – 2013. – № 2. – С. 152–159.
5. Петров В.И. Социальный портрет студента Волгограда // Материалы социологического исследования / под ред. П. М. Колбашкина. – Волгоград, 2007. – 55 с.
6. Сырица А.О. Результаты изучения нервно-психического напряжения в период беременности у студенток // Вопросы охраны материнства и детства. – 2010. – Т. 36. – № 3. – С. 51–52.

## **АДАПТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ТРЕНИНГОВ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ\***

Е.А. Баранова

Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: elena4408@yandex.ru

Научный руководитель: Капилевич Л.В., докт. мед. наук, профессор

*Исследовалось изменение активности коры головного мозга у спортсменов при капнографической тренировке с биологической обратной связью. Показано, что курс капнографического БОС-тренинга способствует улучшению легочной вентиляции и повышению активности коры головного мозга, что проявляется в усилении спектральной мощности всех диапазонов и увеличении межполушарной асимметрии. Такой эффект в равной мере характерен для простого БОС-тренинга и для модифицированного варианта со сниженной частотой дыхания. Видимо, в варианте простого БОС-тренинга спортсмены произвольно выбирают этот способ снижения концентрации CO<sub>2</sub> в выдыхаемом воздухе. Бос тренинг с усилением частоты дыхания в меньшей степени сопровождается активацией центральной нервной системы, а в некоторых диапазонах ( $\beta$ ,  $\theta$  и  $\Delta 1$ ) наблюдается угнетение активности.*

*Капнографическая тренировка с биологической обратной связью может стать перспективный составляющей тренировочного процесса в циклических видах спорта.*

Основой для создания метода биологической обратной связи (БОС) послужили фундаментальные исследования механизмов регуляции физиологических и развития патологических процессов, а также результаты прикладного изучения рациональных способов активации адаптивных систем мозга здорового и больного человека.

Принцип БОС прост – для того, чтобы человек научился влиять на какой-то физиологический или биохимический процесс, он должен получать информацию о результатах своих действий.

В наше время, благодаря успехам компьютерных технологий создаются весьма эффективные устройства, позволяющие людям воздействовать на свой организм в желаемом направлении.

---

\* Исследование выполнено на базе Томского политехнического университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках выполнения научно-исследовательских работ по направлению «Оценка и улучшение социального, экономического и эмоционального благополучия пожилых людей», договор № 14.Z50.31.0029.

БОС-тренинги эффективны при лечении нервно-мышечных заболеваний, последствия травм и параличей. Больные, перенесшие черепно-мозговые травмы, инсульты, повреждения позвоночника, зачастую оказываются в ситуации, когда нарушен обмен информацией между центральной и периферической нервной системой. Адаптивное биоуправление позволяет им заменить прерванные связи на искусственные, биотехнические.

БОС-тренинг может использоваться не только в терапевтических целях, но и в качестве профилактического средства: для приобретения навыков купирования стресса, повышения адаптационных возможностей организма, для спортивных тренировок. Таким образом, адаптивное биоуправление находит практическое применение в медицине, в системе образования, спорте, военном деле, авиации, политике, на производстве.

Актуальны исследования электрической активности головного мозга во время проведения методики биоуправления внешним дыханием. Изучение этой проблемы определяется необходимостью разработки методики эффективного проведения дыхательных тренингов.

Метод респираторного биоуправления по капнограмме выдыхаемого воздуха является самым эффективным методом лечения функциональных расстройств дыхания. В процессе лечения разрушаются временные нейронные связи, обуславливающие воздействие психоэмоционального напряжения на дыхательный центр, в результате восстанавливается адекватная регуляция дыхания. Эффективность борьбы с такой одышкой основана, прежде всего, на обучении человека управлять своими эмоциями путем произвольного управления своим дыханием [4].

Что же касается биоуправления дыханием с БОС, то суть данного метода заключается в том, что изменения концентрации  $\text{CO}_2$  регистрируется капнографом, а полученные данные передаются либо в компьютер для последующей обработки с помощью специально разработанного пакета программ, либо непосредственно на монитор компьютера. А пациент при этом уже на экране монитора видит оптимальное для него значение концентрации углекислоты. Наблюдая собственные капнограммы, пациент постепенно увеличивает время спокойного выдоха и тем самым достигает поставленной цели – регулирует концентрацию  $\text{CO}_2$  в выдыхаемом воздухе.

Несмотря на определённые успехи применения дыхательных технологий в лечении различных заболеваний, мозговая активность человека во время проведения дыхательных тренингов в настоящее время практически не изучена.

**Цель работы:** Исследование характера биоэлектрической активности коры головного мозга у спортсменов при капнографической тренировке с биологической обратной связью.

Методы и организация исследования. В исследовании принимали участие 20 спортсменов (12 мужчин и 8 женщин) в возрасте 18–20 лет, специализирующиеся в циклических видах спорта, спортивная квалификация – I–II разряды.

Исследование параметров внешнего дыхания проводилось с помощью ультразвукового проточного капнометра КП-01 «ЕЛАМЕД» [3]. Он представляет собой малогабаритный прибор, подключаемый к компьютеру через устройство сопряжения, которое обеспечивает электробезопасность пациента и передачу сигнала в компьютер. Данные о концентрации  $\text{CO}_2$ , измеренные капнометром, поступают в компьютер через интерфейс USB-COM-порт непрерывно. Регистрация электроэнцефалограммы (ЭЭГ) выполнялась на анализаторе ЭЭГА – 21/26 «Энцефалан-131- 03».

Электроды накладывались по системе «10-20»: С-центральная область, Р – парietальная, О – затылочная, А – ушные электроды; четные отведения – слева, нечетные – справа. Оценивались параметры альфа-, бета-, тета- и дельта-рима (амплитуда, спектральная мощность, частота, коэффициент асимметрии). ЭЭГ обследование выполнялось непосредственно во время проведения первой и заключительной процедуры БОС-тренинга, с целью исключения артефактов для анализа выбирались фрагменты ЭЭГ между дыхательными движениями.

Каждому испытуемому был проведен курс капнографической тренировки с биологической обратной связью (БОС-тренинг), состоящий из семи сеансов, проводимых ежедневно. Сеансы проводятся в помещении с комнатной температурой, защищенном от действия яркого света и обеспечивающем достаточную шумоизоляцию. Инструктор, проводящий сеанс, объясняет цель тренинга, создает мотивацию к активной работе в БОС-системе. После этого испытуемый работает самостоятельно в течение всего сеанса, инструктор лишь контролирует ход сеанса. Во время проведения сеанса пациент должен находиться в спокойном расслабленном состоянии, инструктор по возможности не должен вмешиваться в ход тренинга. При появлении признаков утомления инструктор должен прекратить сеанс.

Перед началом БОС-тренинга проводится 1,5-минутная запись капнограммы спокойного дыхания испытуемого и вычисляется максимальное значение  $F_{et}CO_2$  и ЧД. Основным элементом БОС-тренинга является визуальная интерпретация параметров внешнего дыхания. Параметры внешнего дыхания, используемые для регистрации, анализа и формирования сигналов обратной связи – максимальная концентрация  $CO_2$  в выдыхаемом воздухе ( $F_{et}CO_2$ ) и частота дыхания (ЧД) – обрабатываются и интерпретируются программно в понятный и удобный для испытуемого визуальный образ.

Выбор отображения параметров обратной связи в виде визуального образа не случаен. Этому способствуют цели исследования – выявление зависимости функциональной активности коры головного мозга от эффективности выполнения БОС-тренинга. Поэтому график капнограммы со значениями параметров дыхания или другой образ в виде графика с числовыми значениями может повлиять на ЭЭГ в результате чрезмерной информационной перегрузки.

Визуальное отображение параметров обратной связи, предъявляемое испытуемому, состоит из двух геометрических фигур – квадрата и окружности. Квадрат представляет собой интерпретацию заданных параметров дыхания. Заданную ЧД характеризует высота, на которой расположен квадрат (с увеличением частоты высота увеличивается), а концентрацию  $CO_2$  – его интенсивность окраски в градации от черного к белому (белый цвет соответствует максимальному значению  $CO_2$ ). Окружность характеризует текущие параметры дыхания испытуемого, изменяющиеся в процессе БОС-тренинга. Перед испытуемым стоит задача поместить окружность в область квадрата путем изменения высоты окружности, что соответствует изменению ЧД, и сделать его такого же цвета, как квадрат, добившись, таким образом, заданного значения  $CO_2$  в выдыхаемом воздухе. На рисунке 1 показано выполнение задания на стадии подбора параметров.



Рис. 1. Визуальная интерпретация параметров внешнего дыхания на стадии подбора заданных параметров

На рисунке 2 показано успешное выполнение задания БОС-тренинга, когда достигнуты заданные значения  $F_{et}CO_2$  и ЧД.

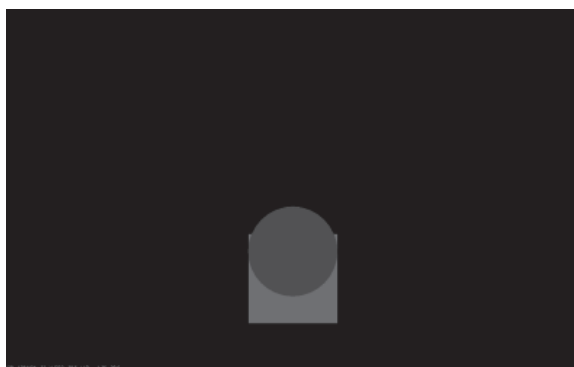


Рис. 2. Визуальная интерпретация параметров внешнего дыхания на стадии успешного выполнения задания БОС-тренинга

Необходимо достичь заданных параметров и удерживать их. На выполнение каждого задания отводится по 10 минут.

В БОС-тренинге реализованы следующие задания:

- Простой БОС-тренинг – задача произвольным образом снизить  $F_{et}CO_2$  на 20% от исходной величины.
- Модификация 1 – задача снизить  $F_{et}CO_2$  на 20% от исходной величины за счет уменьшения ЧД в 2 раза и увеличения глубины дыхания.
- Модификация 2 – задача снизить  $F_{et}CO_2$  на 20% от исходной величины за счет увеличения ЧД в 2 раза и уменьшения глубины дыхания.

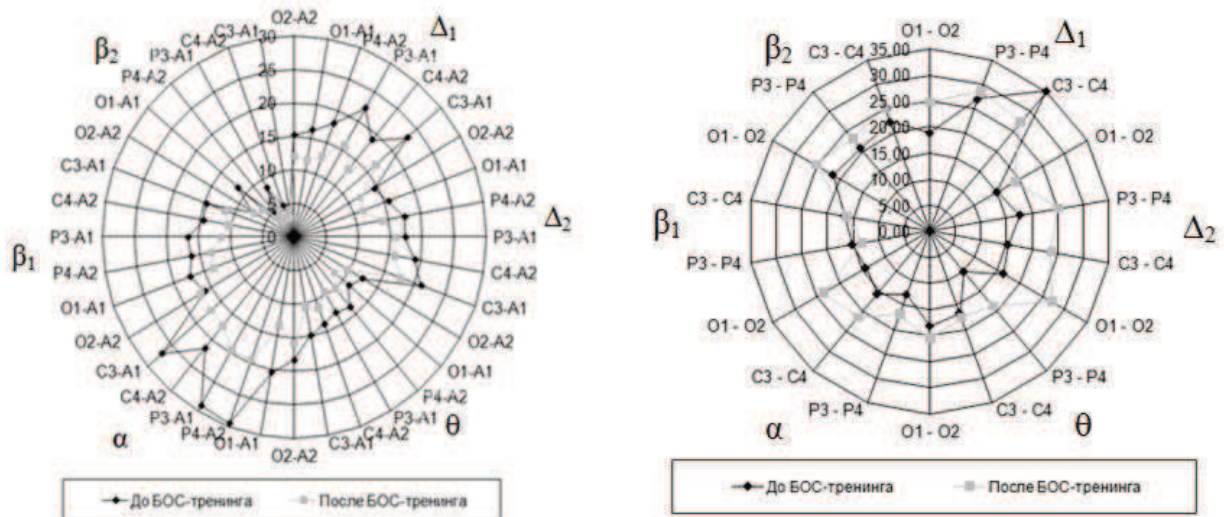


Рис. 3. Процесс проведения БОС-тренинга с регистрацией ЭЭГ

Результаты представлялись в виде медианы и 1-го и 3-го квартилей, гипотезу о принадлежности сравниваемых выборок к одной и той же генеральной совокупности проверяли с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни.

Результаты исследования.

Выявленные функциональные перестройки в регуляции легочной вентиляции сопровождались изменениями в биоэлектрической активности коры головного мозга у обследованных студентов. После простого БОС-тренинга мы наблюдали прирост спектральной мощности всех ритмов кроме  $\beta_2$ -ритма (рис. 4). В наибольшей степени увеличивалась спектральная мощность  $\alpha$  (в два раза) и  $\Delta_1$  (на 30%) ритмов. Одновременно существенно увеличивался коэффициент асимметрии биоэлектрической активности коры в  $\alpha$ ,  $\Delta_2$  и  $\theta$ -диапазонах.



А

Б

Рис. 4. Величины спектральных мощностей (А) (мкВ<sup>2</sup>/Гц) и коэффициентов асимметрии (Б) (%) основных ритмов ЭЭГ у спортсменов до и после курса простого БОС-тренинга

Примечание: мощности альфа и дельта ритмов показаны в масштабе 1:3.

После первого модифицированного теста, в котором уменьшение FetCO<sub>2</sub> на 20% достигалось за счет снижения вдвое ЧД и увеличении глубины дыхания отмечалось увеличение спектральной мощности  $\alpha$  и  $\Delta 1$ -ритмов, в то же время активность в  $\beta$  и  $\theta$ -диапазонах снижалась (рис. 5А). Одновременно, как и в случае простого БОС-тренинга, увеличивался коэффициент асимметрии биоэлектрической активности коры в  $\alpha$ ,  $\Delta 2$  и  $\theta$ -диапазонах.

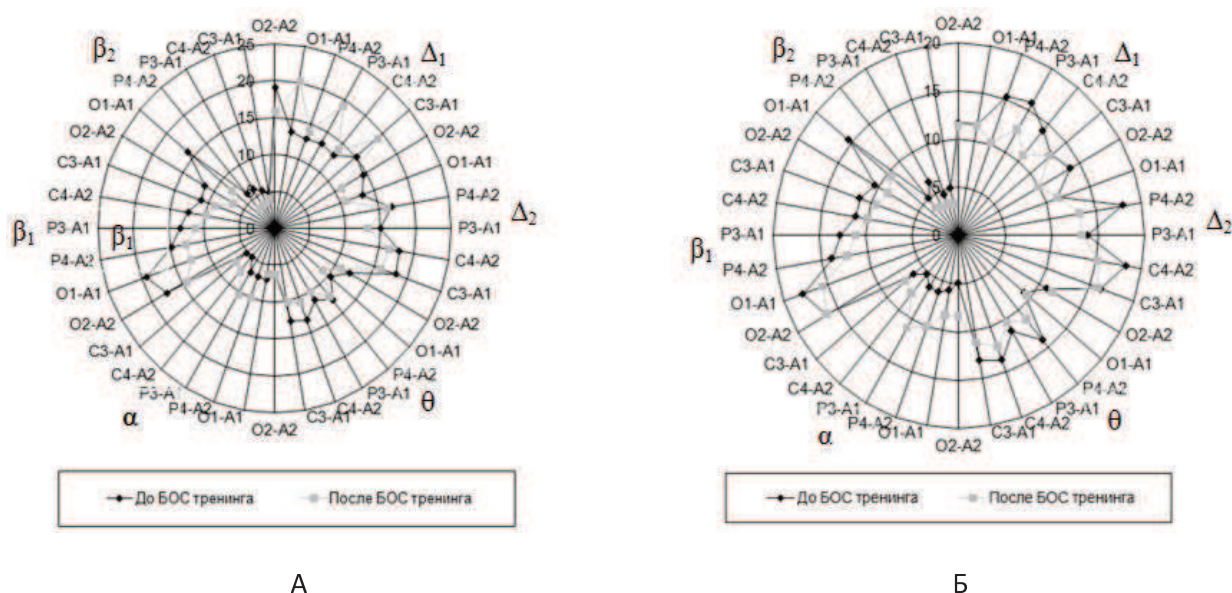


Рис. 5. Величины спектральных мощностей (мкВ<sup>2</sup>/Гц) основных ритмов ЭЭГ у спортсменов до и после курса модифицированного БОС-тренинга  
 А – модификация 1 – уменьшение FetCO<sub>2</sub> на 20% при снижении ЧД в 2 раза  
 Б – модификация 2 – уменьшение FetCO<sub>2</sub> на 20% при увеличении ЧД в 2 раза

После второго модифицированного теста, в котором уменьшение FetCO<sub>2</sub> на 20% достигалось за счет увеличения вдвое ЧД и, соответственно, уменьшения глубины дыхания, отмечалось увеличение спектральной мощности только  $\alpha$ -ритма, мощность всех остальных ритмов достоверно снижалась (для  $\beta$  и  $\theta$ -ритмов – на 20%, для  $\Delta 1$ -ритма – вдвое) (рис. 5Б). Увеличивался коэффициент асимметрии биоэлектрической активности коры в  $\alpha$  и  $\theta$ -диапазонах, для  $\beta$ -ритма он, напротив, снижался.

Увеличение спектральных мощностей бета- и тета-ритмов может говорить об усилении влияний мезэнцефалической ретикулярной и септо-гиппокампальной систем, параллельно с которым происходит усиление активности таламо-кортикальной системы (увеличение мощности альфа-ритма), что указывает на одновременное повышение синхронизирующих и десинхронизирующих влияний, которое может интерпретироваться как первичная активация коры головного мозга. Однонаправленные изменения спектральных характеристик ЭЭГ свидетельствуют об активации неспецифических структур полушарий мозга и указывают на участие этих структур в процессах формирования компенсаторно-приспособительных реакций организма в условиях капнографического БОС-тренинга. Усиление тета-ритма может так же служить отражением формирования поведенческих навыков, в данном случае – навыков управления дыханием [1].

С другой стороны, увеличение мощности  $\alpha$ -ритма можно трактовать как следствие усиления ритмической активности сердечно-сосудистых афферентов, способствующей возникновению резонансных колебаний, проявляющихся в виде кардицикл-фазозависимого  $\alpha$ -ритма. Сосудодвигательный и дыхательный центры ствола головного мозга имеют тесную связь с ретикулярной формацией ствола, взаимосвязь этих регулирующих структур может лежать в основе выявленных изменений. Так, в литературе высказывались предположения как об участии барорецепторов в опосредовании влияния сердечных сокращений на центральную нервную систему, так и предположения о возможности прямого влияния пульсаций на мозговую ткань [5, 6]. С. Wolk и M. Velden [7] считают, что ритмическая активность сердечно-сосудистых афферентов способствует возникновению резонансных колебаний, в том числе проявляющихся в виде кардицикл-фазозависимого  $\alpha$ -ритма. Обнаружена корреляционная связь между регулярностью  $\alpha$ -ритма и показателями АД, что подтверждает участие неспецифических регуляторных систем ствола мозга в формировании  $\alpha$ -ритма [1].

Функциональная асимметрия больших полушарий – продукт длительного развития. Основы функциональной специализации полушарий являются врожденными, однако по мере приобретения новых навыков происходит усовершенствование и усложнение механизмов межполушарной асимметрии и межполушарного взаимодействия. Этот факт отмечается и по показателям биоэлектрической активности мозга, и по экспериментально-психологическим показателям [2]. Асимметрии психических функций соответствует асимметрия ЭЭГ-показателей. Раньше других проявляется асимметрия биоэлектрических показателей в моторных и сенсорных областях коры, позже – в ассоциативных (префронтальных и задне-теменно-височных) зонах коры головного мозга [1]. По всей вероятности, усиление межполушарной асимметрии после курса БОС-тренинга может являться отражением формирования новых навыков, связанных с управлением легочной вентиляцией.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют, что курс капнографического БОС-тренинга способствует оптимизации легочной вентиляции и активации коры головного мозга, что проявляется в усилении спектральной мощности всех диапазонов и увеличении межполушарной асимметрии. Такой эффект в равной мере характерен для простого БОС-тренинга и для модифицированного варианта со сниженной частотой дыхания. Видимо, в варианте простого БОС-тренинга студенты произвольно выбирают этот способ снижения концентрации  $\text{CO}_2$  в выдыхаемом воздухе. Бос тренинг с усилением частоты дыхания в меньшей степени сопровождается активацией центральной нервной системы, а в некоторых диапазонах ( $\beta$ ,  $\theta$  и  $\Delta 1$ ) наблюдается угнетение активности.

Капнографическая тренировка с биологической обратной связью может стать перспективной составляющей тренировочного процесса в циклических видах спорта.

#### Список литературы.

1. Григорьева Н.Н. Психофизиология профессиональной деятельности [Электронный ресурс] / М.: МИЭМП, 2010. URL: [http://www.e-college.ru/xbooks/xbook116/book/index/index.html?go=part-019\\*page.htm](http://www.e-college.ru/xbooks/xbook116/book/index/index.html?go=part-019*page.htm) (дата обращения: 12.02.2014 г.).

2. Кураев Г.А. Иваницкая Л.Н., Бондин В.И., Покуль С.Ю. Особенности суммарной электрической активности мозга здоровых юношей, регулярно занимающихся физической культурой // Физическая культура. – 2006. – № 1. – С. 18–22.
3. Соломаха В.Н. Капнометр ультразвуковой проточный КП-01-«ЕЛАМЕД». Инструкция по настройке. – Рязань, 2007. – 32 с.
4. Бразовская Н.Г. Адаптивное биоуправление на основе биологической обратной связи по динамике параметров сердечного ритма человека: Автореферат диссертации ... кандидата медицинских наук: 03.00.13; Сибирский медицинский университет. – Томск: Изд. СибГМУ, 2002. – 23 с.
5. Walker B.B., Walker J.M. Phase relations between carotid pressure and ongoing electrocortical activity // Intern. Journ. Psychophysiol. – 1983. – V. 1. – P. 65–73.
6. Wolk C., Velden M. Detection variability within the cardiac cycle: Toward a revision of the "baroreceptor hypothesis" // Journ. Psychophysiol. – 1987. – V. 1. – P. 61–65.
7. Wolk C., Velden M. Revision of the baroreceptor hypothesis on the basis of a new cardiac cycle effect. – In: Psychobiology: Issues and Applications. – North-Holland: Elsevier. – 1989. – P. 371–379.

## **ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ МОТИВОВ И ИНТЕРЕСОВ ФИЗКУЛЬТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Е.В. Бондаренко, Г.И. Черепанова

Томский политехнический университет, г. Томск  
E-mail: bmev@tpu.ru

*На основе обзора проблем, связанных с состоянием здоровья и трудностей измерения оптимального мотивационного комплекса, изложен подход изучения, результаты диагностики интересов и степени заинтересованности в физкультурной деятельности ТПУ.*

Ускорение темпов перехода от одного технологического уклада к другому, делает жизнь человека более комфортной, стремительное развитие информационных технологий помимо рационализации и повышения эффективности труда вынуждает людей больше потреблять информации (как полезной – образовательной, необходимой в работе и т.п., так и развлекательной). В результате все больше людей страдает от гиподинамии.

Противоречие между комфортом, обеспечивающим экономию двигательных актов и физиологической потребностью в движении, стало нарушать генетически заложенную программу двигательной активности. Уже сегодня мы видим, что около 20–25 % первокурсников (каждый 4–5 студент) Томского политехнического университета (ТПУ) по результатам медицинского освидетельствования имеет низкие показатели здоровья.

Такие студенты направляются в специально-медицинскую группу или группу по лечебной физической культуре. Наибольшее число заболеваний первокурсников (65% от общего числа заболеваний) связано с заболеваниями опорно-двигательного аппарата (ОДА): плоскостопие III степени, сколиозы III степени, аномалии развития опорно-двигательного аппарата. По результатам функциональных тестов, опреде-