

**Развитие нервной, мышечной и сердечнососудистой систем
у пациентов со сколиотической деформацией I-II степени
в онтогенезе.**

**Сообщение I. Динамика показателей ЭЭГ у пациентов со
сколиотической деформацией I-II степени в возрасте
от 6 до 18 лет**

В.В. Бутуханов

***Ontogenesis of the nervous, muscular and cardiovascular systems
in patients with I-II degree scoliosis.***

***Report I. Dynamics of EEG values in patients at the age
of 6-18 years with I-II degree scoliosis***

V.V. Butukhanov

ГУ НЦ Реконструктивно-восстановительной хирургии СО ВСНЦ РАМН, г. Иркутск
(директор - доктор медицинских наук В.А. Сорокинов)

Проблема развития сложной нервной системы, обеспечивающей управляющую функцию в онтогенезе, у пациентов со сколиотической деформацией I-II степени является актуальной и мало разработанной. Целью настоящей работы явилось изучение развития специфических и неспецифических регуляторных систем на основе вероятностного анализа фоновой биоэлектрической активности мозга у пациентов со сколиотической деформацией I-II степени в онтогенезе. Исследования были проведены на 104-х пациентах в возрасте от семи до 18 лет со сколиотической деформацией I-II степени. Функциональное состояние коры больших полушарий оценивалось по данным ЭЭГ лобно-теменного отведения. У пациентов в возрастной группе от шести до 10 лет получены достоверно высокие значения активности Δ - и θ -ритмов и низкие значения α 2- и β -активности по сравнению с другими возрастными группами, что свидетельствует о незрелости как фронто-таламической, так и неспецифической регуляторных систем. Полное созревание регуляторных систем головного мозга у пациентов со сколиотической деформацией I-II степени происходит к 18 годам.

Ключевые слова: сколиоз, онтогенез, центральная нервная система.

The problem of development of the complex nervous system providing a controlling function in ontogenesis in patients with I-II degree scoliosis is of current interest, and it is little worked out. The aim of the present work was to study ontogenesis of specific and non-specific regulatory systems in patients with I-II degree scoliosis on the basis of the probabilistic analysis of the brain bioelectrical background activity. The studies were performed in 104 patients at the age of 7-18 years with I-II degree scoliosis. The functional condition of cerebral hemisphere cortex was evaluated by the data of frontoparietal lead EEG. The reliably high values of Δ - and θ -rhythm activity were obtained in patients of the age-related group of 6-10 years, as well as the low values of α 2- and β -activity, in comparison with other age-related groups thereby evidencing the immaturity of both the frontothalamic and non-specific regulatory systems. Complete maturation of the brain regulatory systems in patients with I-II degree scoliosis takes place by the age of 18 years.

Keywords: scoliosis, ontogenesis, central nervous system.

По мнению Т.Б. Величковского с соавт. [2], к основным этапам формирования ребенка в онтогенезе необходимо отнести достижение гармоничного роста и развитие – основные функции детского организма.

Дифференцировка (развитие) и рост неразрывно связаны между собой. Особенностью этих процессов является то, что определенные стадии развития могут наступать только при достижении определенных размеров органа или системы и всегда сменяют друг друга. Чередование периодов роста и дифференцировки служит естественным биологическим маркером этапов возрастного развития.

Исследованиями Н.Т. Epstein [27] были выделены пять стадий увеличения веса мозга (УВМ) чело-

века в постнатальном развитии, которые наступают в возрасте 3-10 месяцев, 2-3 года, 6-8, 10-12 и 14-16 лет. УВМ связывается авторами с ветвлением отростков нервных клеток и миелинизацией аксонов. Анализ периодов изменения мощности α -ритма и средней частоты ЭЭГ со стадиями УВМ человека выявил их совпадение во времени.

На разных возрастных этапах меняется вклад различных мозговых структур, лежащих в основе гетерохронности созревания таких компонентов управляющих функций как способность сопротивляться отвлечению, возможности переключения и усвоения сложных алгоритмов, обеспечения этих процессов, а также характер их взаимодействия. Выделяются критические периоды в созревании

морфофункциональной системы произвольной регуляторной деятельности, когда происходят как значимые перестройки в формировании мозгового аппарата, так и качественные преобразования со стороны управляющих функций. Это возраст 8-12 месяцев, 3, 5-6 и 9-10 лет [4, 5, 6].

Отмечается положительная возрастная динамика среднего балла высших психических функций от трех к четырем и от четырех к пяти годам (эволюционный скачок) и отрицательная динамика от 5 к 6 годам – своего рода «регрессивный скачок» или «диссолюция» [8]. Функциональное состояние организма у школьников, оцениваемое по показателю активности регуляторных систем (ПАРС), также меняется волнообразно. Первый его подъем отмечен у детей в возрасте 6-7 лет (7 лет – максимум, затем снижение до 11 лет), второй – у детей 11-12 лет (12 лет – максимум, затем снижение до 16 лет) и третий – у подростков 17-18 лет (18 лет – макси-

мум) [3, 15].

Проблема развития сложной нервной системы, обеспечивающей управляющую функцию в онтогенезе, у пациентов со сколиотической деформацией I-II степени является актуальной и мало разработанной. Существует достаточное количество информативных методов, оценивающих функциональное состояние ЦНС, одним из которых является анализ биоэлектрической активности мозга по данным ЭЭГ. В то же время вероятностный подход в анализе ЭЭГ развивающегося мозга представлен недостаточно.

Целью настоящей работы явилось изучение развития специфических и неспецифических регуляторных систем на основе вероятностного анализа фоновой биоэлектрической активности мозга у пациентов со сколиотической деформацией I-II степени в возрастных группах от 6 до 10, от 10 до 14 и от 14 до 18 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Одним из неинвазивных методов исследования функционального устройства коры головного мозга человека остается анализ пространственно-временной организации ритмической электрической активности. Особое значение электроэнцефалографические методы приобретают при исследовании созревания мозга у детей, поскольку возрастная динамика формирования показателей ЭЭГ отражает основные этапы развития морфофункциональной организации корковых и подкорковых нейронных сетей [20].

Исследования были проведены у пациентов в возрасте от шести до 18 лет со сколиотической деформацией I-II степени. Все пациенты по возрасту были разделены на три группы: 20 пациентов – в возрасте от шести до 10 лет ($7,7 \pm 0,9$ года); 35 пациентов – от 10 до 14 лет ($12,5 \pm 0,7$ года); 49 пациентов – от 14 до 18 лет ($16,2 \pm 0,9$ года). Функциональное состояние лобно-базальных (орбитофронтальных) отделов коры с учетом их анатомических связей с подкорковыми структурами (таламическими ядрами, лимбическими структурами, гипоталамусом и др.) оценивалось по данным ЭЭГ лобно-затылочного отведения. Регис-

страция ЭЭГ и последующая обработка результатов осуществлялась с помощью электронно-вычислительного комплекса по методике, разработанной в отделе экологической физиологии НИИ экспериментальной медицины РАМН [17]. По ЭЭГ определялось вариационное распределение ритмов Δ (1,75-3,5 Гц), θ (3,6-7,0 Гц), α_1 (7,1-10,5 Гц), α_2 (10,6-14,0 Гц), β_1 (14,1-21,2 Гц) и β_2 (21,3-28,0 Гц). Для каждой группы испытуемых строились графы вероятности переходов основных ритмов ЭЭГ по методике, предложенной С.И. Сороко с соавт. [16]. Оценка вероятности переходов ритма в ритм может служить индикатором созревания как отдельных структур головного мозга, так и нейронных сетей, в частности, фронто-таламической структуры и неспецифической регуляторной системы, обеспечивающих программирование, регуляцию и контроль психической деятельности.

Статистическая обработка включала оценку среднего арифметического, доверительного интервала. Для характеристики межгрупповых различий применялся t-критерий Стьюдента. Достоверным считали уровень значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно морфологическим исследованиям [18, 20, 21], возраст 5-6 лет является важным этапом в развитии лобной коры головного мозга. В этом возрасте отмечается высокий темп роста ассоциативных слоев, увеличение объема нейронов, компактность нейронных группировок, активное формирование базальных дендритных комплексов в различных полях лобной доли. Расширяется система связей нейронов лобных полей с другими структурами мозга. Морфофункциональное созревание лобных отделов коры и их связей к шести годам является важным условием формирования фронтально-таламической (ФТ) регуляторной системы. Эта система включает префронтальную кору, ме-

диодорзальное ядро таламуса и связи между ними [1, 9]. В этом же возрасте отмечены признаки формирования второй восходящей «неспецифической» системы активации [9], которая включает в себя кору, неспецифические ядра таламуса (высшие отделы РФ) и связи между ними. Действие ее реализуется через неспецифические (центральные) ядра таламуса, куда кроме сенсорных сигналов поступают сигналы из новой коры, лимбической системы, подкорковых ядер, мозжечка. С ними, очевидно, связаны перестройки спонтанной ритмики ЭЭГ, определяющие динамику высших мозговых процессов: переживание, эмоции, мышление, организацию новой деятельности и т.д. [10].

Анализ фоновой электрической активности мозга детей 5-6 лет позволил выявить определенные паттерны ЭЭГ, свидетельствующие о морфофункциональной незрелости фронто-таламической регулирующей системы [9]. На ЭЭГ это проявляется билатерально синхронной электрической активностью в виде групп регулярных колебаний θ - (реже Δ) диапазона в лобных и центральных областях головного мозга. При незрелости неспецифической активации снижается уровень когерентности α -колебаний в различных зонах коры [9].

Установлено, что существенным фактором, влияющим на успешность обучения детей 6-8 лет, является морфофункциональное созревание фронто-таламической регуляторной системы. У неуспевающих детей ЭЭГ-признаки несформированности этой системы отмечаются в различных выборках в 60-80 % случаев [9]. Незрелость фронто-таламической регуляторной системы негативно влияет на состояние практически всех компонентов программирования, регуляции и контроля деятельности.

Возраст 9-10 лет является значимым как с точки зрения развития мозга в целом, так и его лобных отделов. По данным Л.К.Семеновой с соавт. [18], к 9-10 летнему возрасту увеличивается ширина клеточных группировок, расширяется сеть аксонных коллатералей, усложняются горизонтальные взаимосвязи, увеличивается объем нейронов и заканчивается миелинизация в лобной коре. В этом же возрасте снижается скорость мозгового метаболизма глюкозы, который к 16-18 годам достигает взрослого уровня [31].

В таблице 1 представлено распределение мощности ритмов ЭЭГ у пациентов со сколиотической деформацией I-II степени в возрасте от 6 до 18 лет.

Как показали результаты наших исследований, у пациентов со сколиотической деформацией I-II степени в возрастной группе от 6 до 10 лет получены достоверно высокие значения активности Δ - и θ -ритмов по сравнению с другими возрастными группами (таблица). Большинство авторов мощность низкочастотной активности (Δ -, θ -диапазонов) у детей связывают с развитием интеллекта [12, 26], дефицитом внимания, сочетающимся с гиперактивностью [24, 32]. В свою оче-

редь, существует представление о негативной связи мощности низкочастотной θ -активности с уровнем зрелости мозговых структур [12]. Высокая мощность Δ - и θ -диапазонов ЭЭГ, согласно данным других исследователей, говорит о незрелости как фронто-таламической регулирующей системы, так и неспецифической активации [9].

Это же подтверждается высокой активностью α_1 ($24,3 \pm 2,6$ %) по сравнению с активностью α_2 ($17,1 \pm 1,3$ %) и низкими значениями активности β_1 и β_2 , соответственно ($12,2 \pm 2,2$ %; $6,9 \pm 1,8$ %). Наиболее выраженное влияние не-зрелости фронто-таламической регулирующей системы наблюдается в возрасте 7-8 лет и отражается в повышении импульсивности, в трудностях переключения с программы на программу, в снижении устойчивости усвоения программы, в трудности создания стратегии деятельности, в снижении самоконтроля. Влияние незрелости неспецифической активации в 7-8 лет проявляется в трудностях контроля, которые могут быть устранены при привлечении внимания ребенка к его ошибкам и в мнестической сфере – в инертности элемента программ [19].

В группе пациентов в возрасте от 10 до 14 лет наблюдается достоверное снижение Δ - ($2,7 \pm 0,9$ %) и θ -активности ($21,8 \pm 3,0$ %), достоверное повышение α_2 - ($23,9 \pm 0,8$ %) и β_1 -активности ($14,5 \pm 2,0$ %), относительно первой возрастной группы испытуемых. Снижение Δ - и θ -ритмов и повышение α_2 -ритма отражает динамику в созревании специфических и неспецифических регуляторных систем. Klimesch с соавт. [28] и другие исследователи проверяли гипотезу, согласно которой эффективность мнемической деятельности связана с развитием таламо-кортикальных сетей и частотой α -ритма. Было установлено, что испытуемые с более высокой частотой α -ритма имели лучшую память, чем лица с низкой частотой. Корреляция между фоновой частотой и эффективностью запоминания подтвердилась. Мощность ЭЭГ в α -диапазоне является показателем деятельности системы памяти и внимания [6, 25]. Увеличение β -активности указывает как на усиление воздействия на кору больших полушарий со стороны регуляторных систем подкорковых образований и развития мозга в целом, так и его лобных отделов.

Таблица 1

Вариационное распределение мощности ритмов ЭЭГ (%) у пациентов в возрасте от 6 до 18 лет со сколиотической деформацией I-II степени

Δ	θ	α_1	α_2	β_1	β_2
1,5-3,5 Гц	3,6-7,5 Гц	7,6-9,5 Гц	9,6-12,5 Гц	12,6-17,5 Гц	17,6-30 Гц
Пациенты в возрасте от 6 до 10 лет ($7,7 \pm 0,9$) (n=20)					
$4,02 \pm 1,3^*, **$	$33,3 \pm 3,5^{**}$	$24,3 \pm 2,6$	$17,1 \pm 1,3^*$	$12,2 \pm 2,2^{**}$	$6,9 \pm 1,8^{**}$
Пациенты в возрасте от 10 до 14 лет ($12,5 \pm 0,7$) (n=35)					
$2,7 \pm 0,9^*$	$21,8 \pm 3,0^*$	$27,4 \pm 3,3$	$23,9 \pm 0,8^*, ***$	$14,5 \pm 2,0^{***}$	$8,4 \pm 1,7^{***}$
Пациенты в возрасте от 14 до 18 лет ($16,2 \pm 0,9$) (n=49)					
$2,9 \pm 0,8$	$19,0 \pm 2,0$	$25,4 \pm 2,1$	$17,9 \pm 2,6$	$20,3 \pm 2,1$	$12,8 \pm 1,7$

Примечание: * - $p < 0,05$ достоверность между первой и второй, ** - $p < 0,05$ - между первой и третьей и *** - $p < 0,05$ – между второй и третьей группами больных.

При исследовании дипольных источников β_1 -активности показано, что их локализация находится в лобно-базальных структурах коры [11]. С деятельностью лобно-базальной коры связывают формирование процессов эмоциональной деятельности и самосознания [5]. Положительная динамика в Δ -, θ - и α -активности позволяет сделать вывод о продолжающемся развитии фронто-таламической и неспецифической регуляторных систем. По отсутствию динамики в β_2 -активности, вероятно, можно судить о еще морфофункциональной незрелости некоторых элементов коры больших полушарий.

В третьей возрастной группе (от 15 до 18 лет) мощность Δ - и θ -активности практически не изменяется относительно второй возрастной группы испытуемых. Отмечена тенденция к уменьшению мощности в диапазоне α -ритма (таблица 1). Этот факт был отмечен и другими исследователями [33]. Значительно возрастает β -активность, величина которой становится достоверно выше не только относительно первой, но и второй группы испытуемых (таблица). Выраженная десинхронизация может означать переход от взаимодействия осцилляторов таламуса внутри данного диапазона (например, α) с другими осцилляторами более высоких частот. Возможно, преобладание более высоких частот обусловлено взаимодействием с осцилляторами других глубинных структур мозга (миндалины), собственная частота которых находится в диапазоне 25-60 Гц [10].

Начало младшего школьного возраста (7-10 лет) знаменуется событием, которое в психологии принято обозначать как кризис семи лет [4]. Морфологические изменения, происходящие во фронтальной коре в 7-8 лет, свидетельствуют о постепенном формировании более специализированных связей фронтальной коры с другими структурами мозга, специализации лобных областей и усилении их роли в реализации психических функций [22].

Использование методики, направленной на изучение вероятности переходов ритмов в себя и в другие ритмы ЭЭГ (синхронизация и взаимодействие их основных ритмов), позволило выявить следующие закономерности. В первой группе у пациентов в возрасте от 6 до 10 лет была характерна высокая вероятность перехода θ в θ -ритм (« θ -ядро») и α_1 - в α_1 -ритм, низкая вероятность перехода α_2 - в α_2 -ритм, β_1 - в β_1 -ритм, очень низкая β_2 - в β_2 -ритм и отсутствие перехода Δ - в Δ -ритм. Вероятность перехода одного из ритмов в собственный ритм отражает веретенообразную активность данного ритма, связанную с взаимодействием существующих внутри частот данного диапазона нескольких осцилляторов, слегка отличающихся по периоду колебаний [10]. Установлено, что Δ -ак-

тивность генерируется в структурах ствола мозга, θ -ритм – в структурах лимбической регуляторной системы [29], альфа-ритм – системой осцилляторов таламуса. В отношении интерпретации β -ритма возникают сложности. Установлено, что нейронные элементы коры не способны к длительной генерации ритмических колебаний. Они затухают после нанесенного раздражения через 2-5 сек. с частотой колебаний в пределах двух Гц. Возможно, преобладание в ЭЭГ высоких частот обусловлено взаимодействием с другими глубинными структурами мозга (миндалины), собственная частота которых находится в диапазоне 25-60 Гц [10]. Тем не менее, несомненным фактом является то, что β -активность связана со зрелостью элементов коры больших полушарий, в частности, с отражением постсинаптических потенциалов [10].

Одним из необходимых условий для прогрессивного развития нейронов коры и нейронных объединений в коре являются корково-подкорковые взаимодействия на этапах онтогенеза. Функциональное созревание глубинных регулирующих систем мозга может оказывать разное влияние на реализацию произвольной регуляции деятельности, высших психических функций у детей и создавать необходимые условия для формирования межцентральных отношений в мозге [7, 9].

При исследовании вероятности переходов одного ритма в другие в первой группе у пациентов в возрасте от 7 до 10 лет было установлено высокое взаимодействие θ - с α_1 - и α_2 -ритмами, т.е. высокое взаимодействие между лимбической и таламической системами. Отмечается уменьшение взаимодействия между ритмами, начиная от Δ - к β -ритму (рис. 1, А).

Для второй группы пациентов в возрасте от 10 до 14 лет относительно первой группы было характерно уменьшение вероятности перехода θ - в θ - и α_1 - в α_1 -, увеличение α_2 - в α_2 -ритм и равновеликая вероятность переходов внутри этих ритмов. Увеличивается вероятность переходов α_1 - в α_2 -ритм, β_1 - в β_2 -ритм, т.е. между таламусом и корой головного мозга. Появляется вероятность перехода θ - в β_2 -ритм, т.е. между лимбической системой и корой головного мозга (рис. 1, Б).

В третьей группе пациентов в возрасте от 14 до 18 лет относительно первой и второй групп больных наблюдается уменьшение количества переходов θ - в θ -ритм, увеличение переходов β_1 - в β_1 - ритм, практически сохраняются значения переходов α - в α -ритм и θ - в α_2 -ритм, и снижаются α_1 - в α_2 -ритм. Увеличивается вероятность переходов θ - и α - в β_2 -ритм, α_2 - в β_1 - и β_2 -ритмы, т.е. между лимбической системой, таламусом и корой больших полушарий и снижается вероятность перехода θ - в α_1 -ритмы, т.е. между лимбической и таламической системами (рис. 1, В).

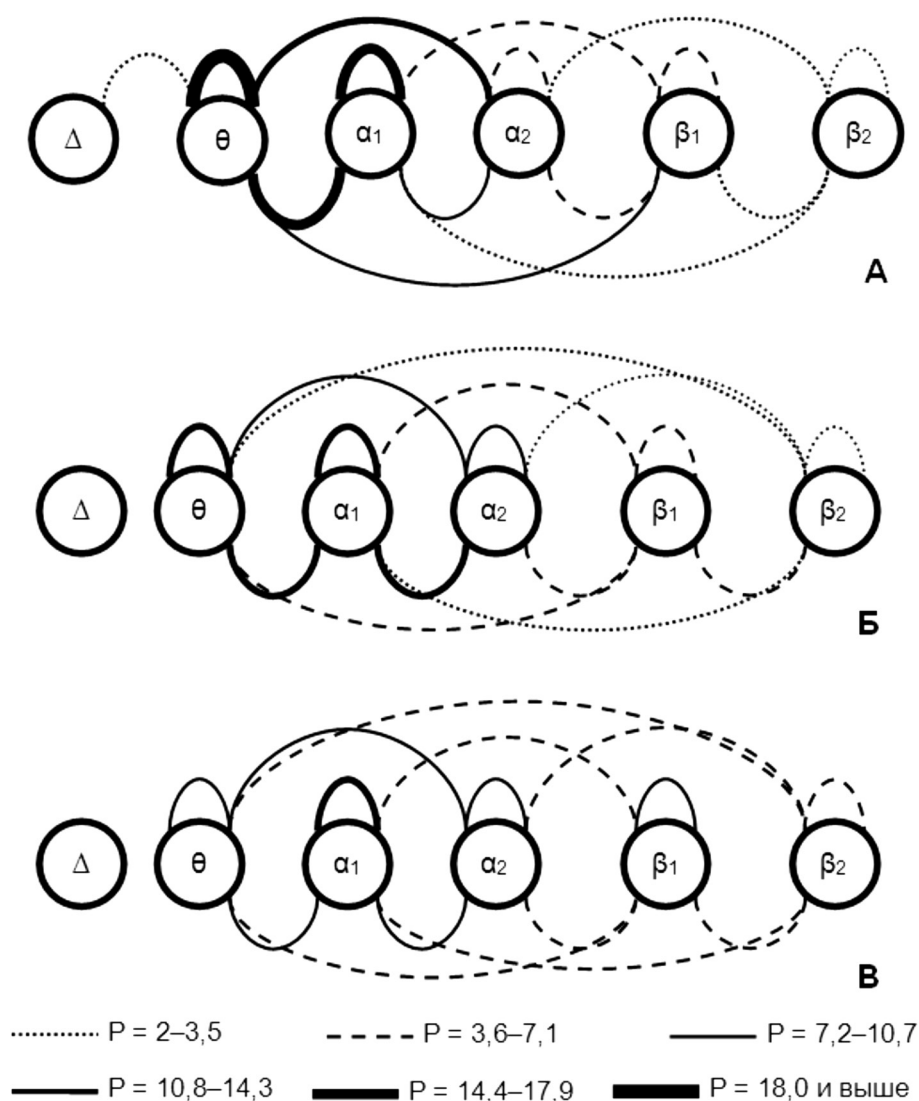


Рис. 1. Графы распределения вероятности переходов ритмов ЭЭГ у пациентов со сколиотической деформацией I-II степени в возрасте от 6 до 10 лет (А), в возрасте от 10 до 14 лет (Б), в возрасте от 14 до 18 лет (В)

ВЫВОДЫ

1. У пациентов со сколиотической деформацией I-II степени в возрастной группе от шести до 10 лет получены достоверно высокие значения активности Δ - и θ -ритмов и низкие значения α_2 - и β -активности по сравнению с другими возрастными группами, что свидетельствует о незрелости как фронто-таламической, так и неспецифической регуляторных систем.

2. Полное созревание регуляторных систем головного мозга у пациентов происходит к 18 годам.

3. С увеличением возраста, по данным ЭЭГ, наблюдается уменьшение синхронизации θ - и α_1 -

ритмов и увеличение α_2 -, β_1 - и β_2 -ритмов. Взаимодействие между Δ - и θ -ритмами, θ - и α_1 -ритмами уменьшается и увеличивается между θ - и α_2 -, β_1 - и β_2 -ритмами, α_1 - и α_2 -, β_1 - и β_2 -ритмами, β_1 - и β_2 -ритмом.

4. Оценка вероятности переходов ритма в ритм и внутри себя может служить индикатором созревания как отдельных структур головного мозга, так и нейрональных сетей, в частности, фронто-таламической структуры и неспецифической регуляторной системы, обеспечивающих программирование, регуляцию и контроль психической деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батуев А. С. Высшие интегративные системы мозга. Л.: Наука, 1981. 255 с.
2. Величковский Т. Б., Баранов А. А., Кучма В. С. Рост и развитие детей и подростков в России // Вестн. РАМН. 2004. № 1. С. 43-45.
3. Васильева Р. М., Букреева Д. П. Определение функциональных возможностей организма школьников при различных способах дозирования физических нагрузок // Новые исследования (альманах). 2004. №1-2. С. 360.
4. Выгодский Л. С. Кризис семи лет. М.: Педагогика, 1984. Т.4. С. 376.
5. Гольдберг Э. Управляющий мозг: лобные доли, лидерство и цивилизация / пер. с англ. Д. Бугакова. М.: Смысл, 2003. 335 с.
6. Электроэнцефалографические характеристики когнитивно-специфического внимания готовности при вербальном обучении. Сообщение I. Характеристики локальной синхронизации ЭЭГ / С. Г. Данько [и др.] // Физиология человека. 2008. Т. 34, № 2. С. 35-41.

7. Лурия А. Р. Основы нейропсихологии. М.: Изд-во МГУ, 1973. 374 с.
8. Лебединский В. В., Никольская Е. Р. Эмоциональные нарушения в детском возрасте и их коррекция. М.: Медицина, 1990. 187 с.
9. Мачинская Р. И., Соколова Л. С., Крупская Е. В. Формирование функциональной организации коры больших полушарий в покое у детей младшего школьного возраста с разной степенью зрелости регуляторных систем мозга. Сообщение 2. Анализ когерентности альфа-ритма ЭЭГ // Физиология человека. 2007. Т. 33, № 2. С. 5-15.
10. Электрическая активность мозга: механизмы и интерпретация / С. М. Осовец [и др.] // Успехи физ. наук. 1983. Т. 141., вып. 1. С. 103-150.
11. Особенности электрической активности мозга при посттравматическом корсаковском синдроме / Е. Р. Образцова [и др.] // Журн. неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 2003. Т. 103, № 8. С. 59-64.
12. Рожкова Л. А. Спектральная мощность ЭЭГ детей младшего школьного возраста с перинатальной патологией ЦНС // Физиология человека. 2008. Т. 34, № 1. С. 28-33.
13. Строганова Т. А., Посикеро Н. Н. Функциональная организация поведенческих состояний бодрствования младенцев (электрофизиологическое исследование) // Мозг и поведение младенца / под ред. О. С. Андрианова. М.: Медицина, 1993. С. 78-87.
14. Сергиенко Е. А. Динамика психического развития онтогенетический и психогенетический аспекты // А. Р. Лурия и психология 21 века: докл. Второй междунар. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения А. Р. Лурия. М., 2003. С. 335-341.
15. Адаптационный потенциал человека / В. Д. Сонькин [и др.] // Вестн. РАМН. 2004. № 3. С. 8-13.
16. Сороко С. И. Нейрофизиологические механизмы индивидуальной адаптации человека в Антарктиде. Л.: Наука, 1984. 247 с.
17. Сороко С. И., Бекшаев С. С., Сидоров Ю. А. Основные механизмы саморегуляции мозга. Л.: Наука, 1990. 184 с.
18. Семенова О. А. Формирование произвольной регуляции деятельности и ее мозговых механизмов в онтогенезе // Физиология человека. 2007. Т. 33, № 3. С. 115-127.
19. Семенова Л. К., Васильева В. В., Цехмистренко Т. А. Структурные преобразования коры большого мозга человека в постнатальном онтогенезе // Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. Л.: Наука, 1990. С. 8-15.
20. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга / Д. А. Фарбер [и др.]. Л.: Наука, 1990. 198 с.
21. Фарбер Д. А., Развитие зрительного восприятия в онтогенезе. Психофизиологический анализ // Мир психологии. 2003. № 2 (34). С. 114-122.
22. Фабер Д. А., Алферова В. В. Электроэнцефалограмма детей и подростков. М.: Просвещение, 1972. 215 с.
23. Цейтлин С. Н. Детские речевые инновации: опыт анализа // Исследования по языкознанию: к 70-летию чл.-корр. РАН А.В. Бондаренко. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2001. С. 329-333.
24. Чутко Л. С., Пальчик А. Б., Кропотов Ю. Д. Синдром нарушения внимания с гиперактивностью у детей и подростков. СПб.: СПб-МАПО, 2004. 112 с.
25. Alpha oscillations in brain functioning: an integrative theory / E. Basar [et al.] // Int. J. Psychophysiol. 1997. Vol. 26, No 1-3. P. 5-12.
26. EEG power and coherence in children with educational problems / T. Gasser [et al.] // J. Clin. Neurophysiol. 2003. Vol. 20, No 4. P. 273-284.
27. Epstein H.T. EEG developmental stages // Dev. Psychobiol. 1980. Vol. 13, No 5. P. 629-631.
28. Alfa frequency and memory performance / Klimesch N. [et al.] // J. Psychophysiol. 1990. Vol. 4, No 4. P. 381-390.
29. Kahana M., Seelig D., Madsen J.R. Theta return // Curr. Opin. Neurobiol. 2001. Vol. 11. P. 739-744.
30. Nauta W.J. The problem of frontal lobe: a reintegration // J. Psychiat. Res. 1971. Vol. 8. P. 167-172.
31. Chugani H.T. A critical period of brain development studies of cerebral glucose utilization with PET // Prev. Med. 1998. Vol. 27. P. 184-193.
32. Effect of stimulant medications on children with attention – deficit/hyperactivity disorder and excessive beta activity in their EEG / A.R. Clarke [et al.] // Clin. Neurophysiol. 2003. Vol. 114, No 9. P. 1729-1734.
33. Samson-Dollfus D., Goldberg P. Electroencephalographic quantification by time domain analysis in normal 7-15 year-old children // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 1979. Vol. 46, No 2. P. 147-154.

Рукопись поступила 08.06.2010.

Сведения об авторе:

Бутуханов В.В. - ГУ НЦ Реконструктивно-восстановительной хирургии СО ВСНЦ РАМН, г. Иркутск.