

УДК 612.084

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДЕКСА И АМПЛИТУДЫ БИОПОТЕНЦИАЛОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ В УСЛОВИЯХ НОРМОКСИИ И ГИПОКСИИ

Дадаева Х.Х., Борукаева И.Х.

ГОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»,
Нальчик, e-mail: irborukaeva@yandex.ru

Выявлены возрастные особенности распределения индекса и амплитуды основных биопотенциалов головного мозга в условиях нормоксии и гипоксии у детей и подростков. Обнаружено преобладание медленноволновой активности биопотенциалов (дельта- и тета-ритмов) у детей 8-12 лет в условиях нормоксии. У подростков 13-16 лет отмечается увеличение индекса и амплитуды быстроволновой активности (альфа- и бета-ритмов), однако их значения остаются ниже, чем у лиц зрелого возраста. У детей воздействие гипоксии приводит к возрастанию индекса и амплитуды медленноволновой активности (дельта- и тета-ритмов). У подростков гипоксическое воздействие привело к снижению индекса и амплитуды дельта-колебаний по сравнению с фоном. Выявлено увеличение индекса и амплитуды тета-ритма под действием пониженного содержания O_2 во вдыхаемом воздухе в пределах исследуемых областей коры увеличились.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, нормоксия, гипоксия

AGE-RELATED PECULIARITIES OF THE DISTRIBUTION OF THE INDEX AND THE AMPLITUDE OF THE EEG IN CHILDREN AND ADOLESCENTS IN THE CONDITIONS OF NORMOXIA AND HYPOXIA

Dadaeva H.H., Borukaeva I.H.

Kabardino-Balcar State University, Nalchik, e-mail: irborukaeva@yandex.ru

Identified age-specific features of the distribution of the index and the amplitude of the main of the brain in conditions of normoxia and hypoxia in children and adolescents. Found the predominance of the slow-waves activity of the (delta- and theta- rhythms) in children of 8–12 years in the conditions of normoxia. In teenagers 13–16 years the increase in the index and amplitude fast-wave activity (alpha – and beta-rhythms), however their values remain lower than that of adults. In children, the effects of hypoxia leads to the increase of the index and the amplitude slow-waves activity. In adolescents index delta-oscillations during hypoxia has decreased compared with the background. As a result of hypoxic exposure decreased and amplitude delta-rhythm. The increase of the index of the theta rhythm under the action of low O_2 in inhaled air. After hypoxia average index values of theta-rhythm within the limits of the researched areas of the cortex increased.

Keywords: electroencephalogram, normoxia, hypoxia

Изучение возрастных особенностей биоэлектрической активности различных областей головного мозга позволяет выявить ряд существенных изменений в процессе индивидуального развития, что обусловлено гетерохронностью созревания коры и подкорковых образований и различной степенью участия этих структур мозга в формировании электроэнцефалограммы (ЭЭГ) [1, 2, 3, 7]. Особо важно выявление возрастных особенностей биоэлектрической активности головного мозга у детей 8–12 лет и подростков 13–16 лет, так как именно в детском возрасте и в период полового созревания происходит закономерное нарастание возбудимости и функциональной подвижности головного мозга.

По мере взросления роль коры больших полушарий в деятельности организма становится все более существенной, все большее влияние на функции организма оказывает высшая нервная, психическая деятельность, которая в раннем пубертатном возрасте развивается интенсивно. Происходит совершенствование функций подкорковой области с ее вегетативными центрами

и все большее подчинение ее коре больших полушарий [4, 5, 6, 8].

Несмотря на множество работ по изучению биоэлектрической активности головного мозга у лиц зрелого возраста, исследования, направленные на выявление возрастных особенностей распределения индекса и амплитуды основных биоритмов ЭЭГ у детей и подростков в условиях нормоксии и гипоксии довольно скудны. Все это определило необходимость восполнения данного пробела.

Целью работы явилось выявление возрастных особенностей распределения индекса и амплитуды основных ритмов ЭЭГ у детей 8–12 лет и подростков 13–16 лет в условиях нормоксии и гипоксии.

Материал и методы исследования

Нами было обследовано 65 практически здоровых детей 8–12 лет и 75 подростков 13–16 лет, находящихся на санаторно-курортном лечении в ГУ БРДСРЦ «Радуга».* Регистрация биопотенциалов различных участков коры головного мозга проводилась на электроэнцефалографе Eras 29/40/44/64/128 Schwarzer (Германия, 2007) с топографическим отображением результатов в виде гистограмм и карт

(brain-mapping) в правых и левых затылочных (O_1, O_2), теменных (P_3, P_4), центральной (Cz), височных (T_3, T_4) и лобных (F_3, F_4) долях коры головного мозга. Обследование включало запись так называемой «фоновой электроэнцефалограммы» (или «электроэнцефалограммы покоя») и запись электроэнцефалограммы при проведении функциональных нагрузок: проба открывания и закрывания глаз, ритмичное световое раздражение, проба с гипервентиляцией.

Статистическая обработка результатов проводилась в соответствии с правилами математической статистики с использованием программы «Microsoft Excel» и «Statistica 6,0» для «Windows». При проведении параметрического анализа использовался парный и непарный t-критерий Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

При изучении распределения амплитуды основных потенциалов ЭЭГ в условиях нормоксии было выявлено следующее. У детей 8–12 лет наибольшей амплитудой обладают дельта-волны: от $48,42 \pm 1,65$ мкВ в правой

фронтальной области до $66,33 \pm 1,97$ мкВ в правой окципитальной области. В центральных и теменных отделах головного мозга их амплитуда остается также высокой (до $55,42 \pm 2,05$ мкВ). Тета-ритм имеет также высокую амплитуду и составляет от $22,92 \pm 0,84$ в правой фронтальной области до $41,00 \pm 1,09$ мкВ в левой фронтальной области, что свидетельствует о выраженной асимметрии распределения амплитуды (табл. 1).

Наименьшей амплитудой обладает бета-ритм. Его амплитуда составляет в правой окципитальной области $6,92 \pm 0,26$ мкВ и в центральной области $9,75 \pm 0,58$ мкВ. Амплитуда альфа-ритма колеблется от $14,17 \pm 0,75$ мкВ в правой фронтальной области до $31,58 \pm 1,12$ мкВ – в левой окципитальной области. Анализ величины амплитуды биоритмов ЭЭГ свидетельствует о максимальной амплитуде дельта- и тета-ритмов в данной возрастной группе.

Таблица 1

Амплитуда ритмов ЭЭГ у детей 8-12 лет ($M \pm m$), $n = 65$

Отведения ЭЭГ	Амплитуда ритмов, мкВ			
	Альфа	Бета	Тета	Дельта
Fp_1A_1	$14,17 \pm 0,75$	$7,33 \pm 0,38$	$22,92 \pm 0,84$	$48,42 \pm 1,65$
Fp_2A_2	$29,58 \pm 0,50$	$9,25 \pm 0,62$	$41,00 \pm 1,09$	$58,17 \pm 1,34$
C_3A_1	$25,25 \pm 0,39$	$7,33 \pm 0,28$	$27,25 \pm 0,52$	$51,17 \pm 0,74$
C_4A_2	$27,83 \pm 0,67$	$9,75 \pm 0,58$	$37,75 \pm 1,57$	$55,42 \pm 2,05$
O_1A_1	$21,58 \pm 0,92$	$6,92 \pm 0,26$	$37,75 \pm 1,00$	$66,33 \pm 1,97$
O_2A_2	$31,58 \pm 1,12$	$7,67 \pm 0,51$	$36,83 \pm 1,30$	$48,67 \pm 1,05$
T_3A_1	$15,08 \pm 0,66$	$7,42 \pm 0,31$	$27,42 \pm 0,99$	$48,58 \pm 1,91$
T_4A_2	$28,58 \pm 0,87$	$9,17 \pm 0,85$	$38,67 \pm 0,73$	$55,08 \pm 1,62$

У детей подросткового возраста амплитуда дельта-активности остается максимальной, однако она ниже, чем у детей 8–12 лет, и составляет от $30,75 \pm 1,30$ до $36,83 \pm 1,32$ мкВ. Амплитуда тета-ритма также снижается и достигает $13,67 \pm 0,38$ мкВ в правой теменной области. В центральной области его амплитуда составляет $26,50 \pm 0,53$ мкВ. Как видно из полученных результатов, амплитуда медленноволновой активности с увеличением возраста снижается, однако остается ниже показателей у лиц зрелого возраста (табл. 2).

У подростков амплитуда бета-ритма остается наименьшей и достигает лишь $8,92 \pm 0,63$ мкВ в центральных областях. Амплитуда альфа-ритма в целом ниже, чем у детей 8–12 лет, и достигает $26,17 \pm 0,74$ мкВ лишь в центральных отделах головного мозга.

При изучении распределения индекса биопотенциалов ЭЭГ было обнаружено, что у детей 8–12 лет доминирование альфа-ритма на ЭЭГ еще не происходит, индекс наиболее медленной активности (дельта-ритма) оказывается самым высоким по сравнению с индексами других ритмов.

Анализ распределения ритмов ЭЭГ в отдельных долях коры головного мозга подростков 13–16 лет свидетельствует о том, что в лобных долях коры медленноволновая активность – дельта- и тета-ритмы – занимает доминирующее место. Сумма индексов быстрых колебаний – альфа и бета-ритмов – в левой лобной доле составляет не более 21%, а ее отношение к сумме индексов медленных колебаний – дельта- и тета-ритмов – в левой лобной доле равно всего 24%, в правой лобной доле сумма индексов альфа- и бета-ритмов равна 19%, а ее отношение к сумме индексов медленной активности не превышает 23% (табл. 3).

Таблица 2

Амплитуда ритмов ЭЭГ у детей подросткового возраста (13–16 лет) ($M \pm m$), $n = 75$

Отведения ЭЭГ	Амплитуда ритмов, мкВ			
	Альфа	Бета	Тета	Дельта
Fp ₁ A ₁	11,58 ± 0,61	7,42 ± 0,38	14,67 ± 0,58	36,33 ± 1,51
Fp ₂ A ₂	17,08 ± 1,31	8,75 ± 0,60	25,92 ± 0,87	33,58 ± 1,68
C ₃ A ₁	14,00 ± 0,51	7,00 ± 0,30	18,17 ± 1,13	31,75 ± 1,60
C ₄ A ₂	26,17 ± 0,74	8,92 ± 0,63	26,50 ± 0,53	36,83 ± 1,32
O ₁ A ₁	16,67 ± 0,62	7,75 ± 0,33	14,58 ± 1,26	30,75 ± 1,30
O ₂ A ₂	18,17 ± 0,82	7,08 ± 0,26	19,25 ± 0,68	33,17 ± 0,94
T ₃ A ₁	13,75 ± 0,64	6,75 ± 0,30	13,67 ± 0,38	32,83 ± 1,59
T ₄ A ₂	18,50 ± 0,86	8,08 ± 0,69	20,17 ± 0,67	32,00 ± 1,22

Таблица 3

Индекс ритмов ЭЭГ у подростков 13–16 лет в норме ($M \pm m$), $n = 75$

Отведения ЭЭГ	Индекс ритмов (%)			
	Альфа	Бета	Тета	Дельта
F3	13,32 ± 0,63	6,32 ± 0,56	18,40 ± 1,29	61,95 ± 1,03
F4	13,14 ± 1,18	5,92 ± 0,56	18,16 ± 1,17	63,35 ± 1,97
T3	14,44 ± 0,69	6,57 ± 0,73	15,29 ± 0,95	63,70 ± 1,96
T4	14,22 ± 0,68	6,33 ± 0,64	12,80 ± 0,64	63,33 ± 1,63
Cz	20,22 ± 1,57	4,97 ± 0,57	17,66 ± 1,15	57,16 ± 0,82
P3	27,73 ± 1,71	7,19 ± 0,67	12,92 ± 0,97	52,15 ± 1,65
P4	29,51 ± 1,67	6,81 ± 1,07	11,92 ± 0,89	51,60 ± 1,21
O1	27,27 ± 1,37	9,34 ± 1,27	10,64 ± 0,94	52,76 ± 2,58
O2	29,80 ± 2,15	9,10 ± 1,39	9,74 ± 1,00	51,37 ± 3,12

В височных долях индекс дельта-активности, так же как и в лобных долях, высок (около 63%), а тета-ритма ниже на 5–6%. Распределение дельта-ритма в обеих височных долях одинаковое.

Альфа-ритм в височных долях занимает всего 14% общей биоэлектрической активности, индекс бета-активности не превышает 6,5%. На ЭЭГ проявляется некоторая асимметрия в соотношении быстрой и медленной активности в левой и правой долях. В левой отношение суммы индексов альфа- и бета-ритмов к сумме индексов дельта- и тета-активности составляет 27%, в правой – 26%.

Увеличение соотношения индексов быстрых и медленных ритмов ЭЭГ происходит в теменных долях, где оно составляет 54 и 57%. В теменных долях коры индекс альфа-ритма увеличивается по сравнению с его значениями в височных долях на 50% и выше. Здесь проявляется асимметрия в распределении альфа-ритма.

И в затылочных долях, несмотря на повышение индекса быстрых ЭЭГ, преимущество остается за медленной активностью. Сумма индексов медленных колебаний составляет 61–63% всех ритмов ЭЭГ, но от-

ношение сумм индексов быстрых и медленных волн составляет в левой доле 57%, а в правой затылочной доле – 67%.

Таким образом, у подростков раннего пубертатного периода медленная биоэлектрическая активность оказывается преобладающей, и альфа-ритм еще не является лидирующим. Индексы и амплитуда альфа-ритма в разных долях коры головного мозга в раннем пубертатном периоде более низкие, а индексы дельта-ритмов почти в 2 раза более высокие, чем у детей 8–12 лет.

При вдыхании гипоксической смеси с 14% O₂ у детей 8–12 лет отмечалось увеличение биоэлектрической активности дельта-ритма и снижение активности быстрочастотных колебаний. Так, индекс дельта-ритма в лобных долях в результате гипоксии увеличился на 18–34%, в височных – на 46–55%, в центральной – на 58%, теменных – на 41–51% и в затылочных – на 40–53%. Следует отметить, что при этом индексы альфа-ритма в результате воздействия гипоксии не только не увеличились, а достоверно снизились с 18,41 ± 2,57 до 11,54 ± 1,31% в левой лобной доле и с 25,26 ± 1,96 до 15,51 ± 2,19% в правой лобной доле. Об усилении медленной био-

электрической активности при гипоксии свидетельствует увеличение амплитуды дельта- и тета-колебаний по сравнению с фоном. Особенно увеличилась амплитуда дельта-волн в затылочных и теменных долях мозга. Амплитуда дельта колебаний

в пределах исследуемых зон коры мозга увеличилась при гипоксии на 38–56% выше фоновых значений амплитуд. Значения пиковой частоты дельта-ритма в условиях гипоксии уменьшаются от 1,5–1,75 до 1,0–1,25 Гц (табл. 4).

Таблица 4

Индекс ритмов ЭЭГ у детей 8-12 лет при гипоксии ($M \pm m$), $n = 65$

Отведения ЭЭГ	Индекс ритмов (%)			
	Альфа	Бета	Тета	Дельта
F3	11,54 ± 1,31*	3,38 ± 0,27*	27,24 ± 2,71	55,37 ± 4,40
F4	15,51 ± 2,09*	3,99 ± 0,77	26,35 ± 2,21	53,64 ± 3,67*
T3	17,80 ± 2,01*	2,85 ± 0,35*	23,62 ± 1,79	54,37 ± 3,62*
T4	22,95 ± 2,91*	3,57 ± 0,38	24,61 ± 2,26	48,86 ± 4,15*
Cz	18,51 ± 2,09*	2,79 ± 0,31	27,43 ± 2,91	49,27 ± 4,34*
P3	28,36 ± 3,06	2,84 ± 0,22*	25,41 ± 1,84*	42,55 ± 3,92*
P4	31,57 ± 4,15	4,53 ± 0,54	21,73 ± 0,92*	42,18 ± 4,89*
O1	26,61 ± 2,86	3,70 ± 0,40*	21,13 ± 1,41	47,96 ± 4,26*
O2	24,12 ± 2,92*	4,54 ± 0,69	20,80 ± 1,59	48,75 ± 4,61*

Примечание. (*) – $p < 0,05$ по отношению к нормоксии.

Аналогичные изменения происходили во время гипоксии и с амплитудой тета-колебаний. Амплитуда тета-волн в пределах исследуемых областей коры мозга в результате кратковременного действия гипоксии увеличилась (на 31–35%) с преимущественным возрастанием значений в височных и теменных долях.

Анализ распределения биоритмов ЭЭГ в различных долях коры мозга при гипоксии показал, что у детей данной возрастной группы при вдыхании гипоксической смеси происходит усиление медленноволновой биоэлектрической активности коры головного мозга, а именно дельта-ритма. При вдыхании воздуха с 14% кислорода в лобных долях коры мозга регистрируются более высокие значения суммарной активности индексов дельта- и тета-ритмов по сравнению с быстрочастотными ритмами ЭЭГ (альфа и бета). В левой лобной доле индекс дельта-ритма составляет в среднем $55,37 \pm 4,40\%$, а индекс тета-ритма равен $27,24 \pm 2,71\%$, тогда как индексы альфа- и бета-ритмов в этом отведении равны $11,54 \pm 1,31$ и $3,38 \pm 0,27\%$ соответственно.

Такое же распределение индексов дельта-ритма и в правой лобной доле индексов ритмов фоновой активности в лобных долях с гипоксическим воздействием указывает на то, что доля дельта-активности значительно возросла, а альфа-ритмика снизилась в результате гипоксии. Индексы бета- и тета-ритмов изменились незначительно. Максимальное значение индекса дельта-ритма в лобных отведениях,

выявленное после гипоксии, равно 88%, а в большинстве случаев колебалось в пределах 30–70%. Максимальное значение амплитуды дельта-колебаний в лобных долях после гипоксического теста достигало 100 мкВ, хотя пределы колебаний находились на уровне 70–80 мкВ. В отведении F₄ гипоксическое воздействие приводит к еще большему увеличению доли медленных волн в общем объеме ритмов ЭЭГ по сравнению с нормой (на 34%). В отведении Cz эти изменения в связи с гипоксией еще весомее (57,5%). В затылочном отведении (O₂) также увеличивается индекс дельта-ритмов при гипоксии (на 53%). Таким образом, у детей данной возрастной группы при гипоксии усиливается доминирование индексов суммарной медленноволновой активности по сравнению с быстрочастотными за счет увеличения дельта-колебаний и уменьшения индекса альфа-волн.

Амплитуда электрических колебаний дельта-волн также увеличивается во всех отведениях в результате гипоксического воздействия. Происходит повышение амплитуды дельта-диапазона в отведении F₃ – на 46%, Cz – на 41%, O₂ – на 57%.

Таким образом, у детей 8–12 лет изменения альфа- и дельта-ритмов, происходящие при недостатке кислорода во вдыхаемом воздухе, могут быть более чувствительными индикаторами к гипоксии, чем другие ритмы.

Гипоксическое воздействие вызывает неодинаковое изменение индексов ЭЭГ в различных долях коры головного мозга

подростков раннего пубертатного возраста. У подростков 13 лет отмечено достоверное снижение индексов медленной биоэлектрической активности, особенно в правом полушарии. У подростков 14 лет в результате гипоксии отмечено достоверное снижение суммарной медленной активности в правой лобной и в затылочных долях, особенно в правой половине.

В отличие от детей младшего школьного возраста и лиц зрелого возраста организм подростков 13–16 лет при недостатке кислорода во вдыхаемом воздухе испытывает не компенсированную, а субкомпенсированную гипоксию, при которой уже проявляется повреждающее действие локальной тканевой гипоксии.

В височных долях также произошли существенные сдвиги альфа-ритма во время гипоксии: в левой височной доле индекс увеличился в среднем на 42%, а в правой височной доле увеличение достигало в среднем 82%.

В результате реакций лобных долей на гипоксию также наблюдается более существенное увеличение индекса альфа-ритма в правой половине – с $13,14 \pm 1,18\%$ до $21,99 \pm 1,22\%$, т.е. на 67%, и в меньшей степени в левой лобной доле – с $13,32 \pm 0,63\%$ до $16,92 \pm 1,12\%$, т.е. на 27%. Это свидетельствует о том, что гипоксическое воздействие вызвало асимметричное распределение индекса альфа-ритма в пределах исследуемых зон коры мозга.

В результате действия пониженного содержания кислорода во вдыхаемом воздухе амплитуда альфа-ритма в большинстве отведений также увеличилась по сравнению с фоном. Более существенное увеличение амплитуды отмечается в отведениях: Cz – на 22%, P₃ – на 33% и P₄ – на 14%.

В результате гипоксического воздействия средние значения индексов бета-колебаний возросли до $6,20 \pm 0,65$ – $14,27 \pm 2,80\%$, т.е. на 25–53%. Причем наиболее высокий сдвиг индекса бета-ритма в сторону увеличения зафиксирован в левой и правой затылочных долях, которые составляли в среднем $14,27 \pm 2,80$ и $13,35 \pm 2,25\%$ соответственно.

В лобных долях коры, в левой височной и теменных долях наблюдаются небольшие сдвиги индекса бета-ритма ($p > 0,05$). В целом под влиянием гипоксии индекс бета-активности имеет тенденцию к увеличению.

Заслуживает внимания увеличение индекса тета-ритма под действием пониженного содержания O₂ во вдыхаемом воздухе. Индекс тета-ритма в условиях нормального дыхания находился в пределах от $9,74 \pm 1,001$ до $8,40 \pm 1,29\%$. После гипок-

сии средние значения индексов тета-ритма в пределах исследуемых областей коры увеличились в среднем до $15,76 \pm 2,03$ – $31,48 \pm 2,35\%$, что на 62–71% выше фоновых значений.

Более высокие значения индекса тета-ритма зафиксированы в лобных и височных долях коры. В левой и правой лобных долях после гипоксии индексы тета-колебаний возросли до $28,97 \pm 2,32$ и $31,48 \pm 2,35$ соответственно, что на 57–71% выше средних фоновых значений.

Таким образом, гипоксическое воздействие приводит к увеличению не только индекса, но и амплитуды во всех исследуемых зонах коры. Причем более высокие значения амплитуд и индекса тета-ритма характерны во фронтальных областях коры.

Установлено, что средние значения индексов дельта-ритма, зарегистрированных в исследуемых долях коры при гипоксии находятся в диапазоне $29,22 \pm 3,20$ – $47,91 \pm 2,52\%$. В целом индекс дельта-колебаний во время гипоксии снизился в среднем на 25–40% по сравнению с фоном. В результате гипоксического теста снизилась и амплитуда дельта-ритма в среднем на 15–30%.

Заключение

Таким образом, на основании проведенных исследований выявлены возрастные особенности распределения индекса и амплитуды биоэлектрической активности головного мозга в условиях нормоксии и гипоксии. Обнаружено преобладание медленноволновой активности биопотенциалов (дельта- и тета-ритмов) у детей 8–12 лет в условиях нормоксии. У подростков 13–16 лет отмечается увеличение индекса и амплитуды быстроволновой активности, однако их значения остаются ниже, чем у лиц зрелого возраста. У подростков раннего пубертатного возраста при недостатке кислорода во вдыхаемом воздухе происходит уменьшение медленноволновых колебаний в ритме дельта-диапазона и увеличение других ритмов активности (альфа-, бета- и тета-), тогда как в условиях нормоксии в этой подростковой группе были зарегистрированы самые высокие значения волн альфа-колебаний.

Список литературы

1. Боголепов Н.Н., Фокин В.Ф. Функциональная межполушарная асимметрия. – М.: Научный мир, 2004. – 728 с.
2. Бурых Э.А. Взаимоотношения гипоксии, гипоксии, мозгового кровотока и электрической активности мозга при произвольной гипервентиляции у человека // Росс. физиол. журн. – 2007. – Т. 93. – № 9. – С. 982.

3. Вовенко Е.П., Соколова И.Б., Лощагин О.В. Диффузия кислорода через стенку венул коры головного мозга при дыхании чистым кислородом // Российский физиологический журнал. – 2002. – Т. 88. – № 3. – С. 372.

4. Возрастная физиология. Руководство по физиологии. – СПб.: Наука, 2003. – С. 191–194.

5. Долова Ф.В., Шаов М.Т., Иванов А.Б. Изменение биоэлектрических показателей и напряжения кислорода коры головного мозга при ступенчато-импульсной гипоксии // Гипоксия. – 1998. – № 2. – С. 40.

6. Иванов А.Б. Биоэлектрическая активность, кровенаполнение и снабжение кислородом коры головного мозга детей и подростков при гипоксии: авторефер. дис. ... д-а биол. наук. – Краснодар, 2002. – С. 40.

7. Семченко В.В., Степанов С.С., Боголепов Н.Н. Синаптическая пластичность головного мозга (фундаментальные и прикладные аспекты). – Омск, 2008. – 408 с.

8. Соколова Л.С. Формирование функциональной организации коры больших полушарий в покое у детей младшего школьного возраста с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга // Физиология человека. – 2006. – Т. 32, 5. – С. 5–14.

References

1. Bogolepov N.N., Fokin V.F. Funkcionalnaja mezhpolutsharnaja asimmetrija. – М.: Nauchnyj mir 2004. 728 p.

2. Burykh Eh.A. Vzaimootnosheniya gipokapnii, gipoksii, mozgovogo krovotoka i ehlektricheskoy aktivnosti mozga pri proizvod'noj giperventil'jacii u cheloveka // Ross. fiziol. zhurn. 2007. T. 93. no. 9. pp. 982.

3. Vovenko E.P., Sokolova I.B., Loshhagin O.V. Diffuzija kisloroda cherez stenu venul kory golovnog mozga pri dykha-

nii chistym kislorodom // Rossijskij fiziologicheskij zhurnal. 2002. T. 88. no. 3. pp. 372.

4. Vozrastnaja fiziologija. Rukovodstvo po fiziologii. Sankt-Peterburg: Nauka. 2003. pp. 191–194.

5. Dolova F.V., Shaov M.T., Ivanov A.B. Izmenenie bioehlektricheskikh pokazatelej i naprjazhenija kisloroda kory golovnog mozga pri stupenchato-impul'snoj gipoksii // Gipoksiya. 1998. no. 2. pp. 40.

6. Ivanov A.B. Bioehlektricheskaja aktivnost, krove-napolnenie i snabzhenie kislorodom kory golovnog mozga detej i podrostkov pri gipoksii // Avtor. dissertacii na soiskanie uchen. st. doktora biol. nauk. Krasnodar. 2002. pp. 40.

7. Semchenko V.V., Stepanov S.S., Bogolepov N.N. Sinap-ticheskaja plastichnost golovnog mozga (fundamentalnye i prikladnye aspekty) // Omsk. 2008. 408 p.

8. Sokolova L.C. Formirovanie funkcional'noj organizacii kory bolshikh polusharij v pokoe u detej mladshego shkolnogo vozrasta s razlichnoj stepenju zrelosti reguljatornykh sistem mozga. Fiziologija cheloveka. 2006. T. 32, 5. pp. 5–14/

Рецензенты:

Хацуков Б.Х., д.м.н., профессор, заведующий лечебным отделом Базового республиканского детского социально-реабилитационного центра «Радуга», г. Нальчик;

Асланов А.Д., д.м.н., профессор, заместитель главного врача Республиканской клинической больницы Кабардино-Балкарской Республики, г. Нальчик.

Работа поступила в редакцию 21.09.2012.