

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В ГОРАХ

¹Джунусова Г.С., ²Сатаева Н.У., ²Ибраимов С.Б., ²Мусаева Э.Дж., А.М. Сатаркулова¹

¹Кафедра базисных дисциплин МВШМ (зав.каф. к.б.н., доц. И.П.Мухамедова)

²Кафедра общественного здравоохранения МВШМ (зав.каф. к.м.н., доц. Сулайманова Ч.Т.)

Резюме. В статье представлены результаты оценки нейрофизиологических параметров у 100 горцев-подростков, проживающих на высоте 3000 м. над ур. м. в возрасте 16-22 лет. Нарынской области. Анализируются результаты ЭЭГ-исследований, параметры нейрофизиологического, статуса, участвующих в формировании адаптационных механизмов и являющихся физиологическими критериями уровня «адаптационного напряжения», выясняются пределы допустимых отклонений в состоянии функциональных систем с определением факторов риска для здоровья горцев.

Ключевые слова: спектральная мощность ритмов мозга (СМ), высокогорье, гипоксия, электроэнцефалограмма (ЭЭГ), функциональное состояние (ФС), функциональная асимметрия мозга.

ТООДО ЖАШАГАН АДАМДЫН БОРБОР НЕРВ СИСТЕМАСЫНЫН ФУНКЦИОНАЛДЫК АБАЛЫН БААЛОО БОЮНЧА ЗАМАНБАП ЫКМАЛАР

¹Джунусова Г.С., ²Сатаева Н.У., ²Ибраимов С.Б., ²Мусаева Э.Дж., ¹Сатаркулова А.М.

¹ Эл аралык жогорку медицина мектебинин базалык сабактар окутуу кафедрасы (каф. башчысы б.и.к., доц. И.П.Мухамедова)

² Эл аралык жогорку медицина мектебинин коомдук саламаттык сактоо кафедрасы (каф. башчысы м.и.к., доц. Сулайманова Ч.Т.)

Резюме. Макалада 100 тоолук өспүрүмдөрдүн 16 дан 22 жашка чейин 3000 м бийиктикте жашап жаткан нейрофизиологиялык параметрлеринин баалоо жыйынтыктары берилди. Электроэнцефалографиялык изилдөөлөрдүн жыйынтыктары анализденди. Көпүгү механизмдеринин түзүлүшүнө жана түзүк иштешине салым кошкон критерийлери аныкталды да жана ага таасир эткен коркунуч факторлор каралды.

Негизги сөздөр: мээнин спектралдык кубаттуулугу, бийик тоолук, кычкылтектин аздыгы, электроэнцефалография (ЭЭГ), функционалдык абал, мээнин функционалдык асимметриясы.

MODERN METHODS OF ESTIMATION OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE HUMAN CENTRAL NERVOUS SYSTEM IN THE MOUNTAINS

¹Dzhunusova G.S., ²Satayeva N.Y., ²Ibraimov S.B., ²Musayeva E. J., ¹Satarkulova A.M.

¹ Department of basic disciplines ISM (head of the department Ph.D. I.P. Mukhamedova)

² Department of public health ISM (head of department, Ph.D. Sulaimanova Ch.T.)

Summary. The article presents results of evaluation of neurophysiological parameters in 100 teen agers 16-22 years old, living at an altitude of 3000 m above sea level in Naryn region. The results are analyzed EEG studies neurophysiological parameters, status, involved in the formation of adaptation mechanisms and non-physiological criteria Adaptive voltage level, clarified the limits of tolerance in a State of functional systems with the definition of health risk factors.

Keywords type: spectral power rhythms of the brain, Highlands, hypoxia, electroencephalogram (EEG), functional State (FS), functional asymmetry in the brain.

Процесс созревания организма, успешное формирование и развитие взрослого организма во многом зависит от генетической программы [1, 2, 3, 4] и от условий жизни человека [5, 6].

Сложные природно-климатические факторы высокогорья вызывают напряжение адаптационных механизмов организма горцев, повышают риск развития заболеваний и могут вызывать различные задержки морфофункционального развития растущего мозга и организма человека в целом [7]. В основном в качестве показателей созревания мозга и определения количественных возрастных нормативов ЭЭГ используются данные спектрального анализа ЭЭГ.

Объект и методы исследования. Проведены исследования по соответствию нейрофизиологических, психофизиологиче-

ских характеристик морфофункциональному развитию мозга у подростков высокогорья. Объект исследования студенты НГУ (100 чел в возрасте от 16-22 лет, из них 77 девушек и 23 юноши, проживающие на высоте 3000 м н.ур.м.). Все обследованные лица были правшами. Для анализа ЭЭГ параметров использовался компьютерный электроэнцефалограф-анализатор ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03» фирмы «Медиком МТД» (Россия). У всех испытуемых одновременно регистрировали ЭЭГ от 21 отведений по международной системе 10-20. Использовался расширенный анализ спектральной мощности основных ритмов мозга. По параметрам ЭЭГ все испытуемые разделены на 3 группы: 1 – с высокой спектральной мощностью (СМ) альфа-ритма от 91 мкВ и выше; 2 – со средней мощностью альфа-

ритма 60-90 мкВ; 3 – с низкой СМ альфа-ритма от 59 мкВ и ниже. Проведен комплексный анализ ЭЭГ-параметров, психофизиологических параметров по выявлению взаимосвязей между основными регуляторными системами организма с целью выявления системных и межсистемных маркеров, отвечающих за степень рассогласования в деятельности указанных систем организма. Результаты обрабатывались программой

SPSS с выделением статистически достоверных критериев адаптированности, или дезадаптации к окружающей среде.

Результаты исследования и их обобщение. В таблице 1 представлены средние значения спектральной мощности (СМ) альфа-, бета-, и тета-ритмов, причем параметры СМ альфа-ритма даны по группам: высокой СМ (более 91 мкВ²), средней (60-90 мкВ²), низкой (менее 59 мкВ²).

Таблица 1 - Спектры мощности основных ритмов ЭЭГ у подростков-горцев.

Расп. эл-в.	Средняя спектральная мощность (мкВ ²)				
	alpha			beta	theta
	I	II	III		
ЗДЧ	9,4 ±0,5	9,4 ±0,5	9,4 ±0,5	16,4 ±0,8	5,9 ±0,7
O2-A2	239,6 ±0,6	76,4 ±0,8	28,8 ±0,9	18,4 ±0,7	31 ±1,2
O1-A1	192,5 ± 1,5	71,9 ± 1,3	25 ±0,5	16 ±0,6	29,3 ±0,2
P4-A2	140,5 ±1,3	75,6 ±1,5	26,6 ±1,1	12,8 ±0,7	27,6 ±0,2
P3-A1	136,5 ±1,4	75,9 ±0,9	24,4 ±0,8	11,9 ±0,6	26,2 ±0,7
C4-A2	164,2 ±1,5	69,5 ±1,2	24,5 ±0,7	11,3 ±0,8	24,3 ±0,9
C3-A1	179 ±1,8	70,5 ±0,9	24,2 ±0,7	11,5 ±0,8	29,1 ±0,8
F4-A2	183 ±1,8	72,8 ±0,6	22,1 ±0,5	11,4 ±0,3	21,9 ±0,5
F3-A1	168 ±1,6	79,7 ±1,1	23,5 ±0,6	11,4 ±0,3	24,7 ±0,3
Fp2-A2	264,8 ±1,9	77,5 ±1,1	20,3 ±0,6	9,9 ±0,1	24,5 ±0,6
Fp1-A1	227,5 ±1,8	70,2 ±0,6	20,8 ±0,4	11,2 ±0,2	28,9 ±0,5
T6-A2	175,8 ±1,6	74,3 ±0,5	25 ±0,3	12,1 ±0,2	28,9 ±0,5
T5-A1	123,9 ±1,2	73,2 ±0,4	22,6 ±0,3	11,3 ±0,2	23 ±0,3
T4-A2	155,7 ±1,4	62,1 ±0,6	22,6 ±0,4	11,1 ±0,2	19,2 ±0,3
T3-A1	125,3 ±1,2	81,9 ±0,8	20,7 ±0,4	10,6 ±0,2	21,4 ±0,3
F8-A2	331,9 ±2,3	77,2 ±0,6	16,2 ±0,2	12,8 ±0,2	22,8 ±0,2
F7-A1	277,2 ±0,8	79,8 ±0,7	19,6 ±0,4	10,4 ±0,1	19,2 ±0,4
Oz-A2	215,2 ±1,7	74,6 ±0,6	28,3 ±0,4	18,1 ±0,5	58,2 ±0,6
Pz-A1	145,7 ±1,6	75,5 ±0,8	27,8 ±0,3	12,7 ±0,2	36,8 ±0,5
Cz-A2	130,2 ±1,1	71,2 ±0,3	26,9 ±0,2	12,2 ±0,2	31,8 ±0,3
Fz-A1	155,9 ±1,6	71,9 ±0,8	24,1 ±0,5	10,4 ±0,2	27,6 ±0,3
Fpz-A2	182,1 ±1,9	71,9 ±0,8	23,1 ±0,2	9,9 ±0,1	31,8 ±0,3
Среднее	186,4 ±1,8	74 ±0,7	23,7 ±0,4	12,3 ±0,3	28 ±0,5

Как показали результаты исследований основные изменения коснулись неравномерного созревания отдельных зон коры головного мозга, что выразилось в «незрелости» или преобладании низкочастотного альфа-ритма (8-9,5 Гц), недостаточной его модуляции по амплитуде (с не выраженными, или сглаженными альфа-веретенами), в нарушении его пространственного распределения с преобладанием в центральных и лобно-центральных отделах мозга. Повышение амплитудных значений альфа-ритма, смещение его частоты к 8 Гц и субдоминирование тета-ритма создают паттерн ЭЭГ, характеризующий параметры биоэлектрической активности незрелого мозга. При этом у обследуемых отсутствуют признаки неврологических нарушений, на что указывают показатели нормального спектрального состава

ЭЭГ.

Кроме того, в результате анализа спектрального состава ЭЭГ (табл. 1) выявлены функциональные сдвиги в области альфа- и тета-ритмов. Наиболее выраженные из них установлены в группе юношей и девушек с высокой спектральной мощностью альфа-ритма. Смещение альфа-ритма в сторону низких частот свидетельствует о снижении уровня активации со стороны глубоких структур мозга и субдоминировании тета-ритма. Это подтверждается появлением медленноволнового тета-ритма в центральных теменных, лобно-височных и затылочных зонах коры головного мозга. Со стороны бета-ритма четко выраженной зональности не обнаружено, однако само наличие выраженной, или невыраженной бета-активности, свидетельствует об уровне тревожности или

о неустойчивости функционального состояния обследованных ребят.

Тревожность является предвестником многих функциональных нарушений, поэтому необходимо ее выявление на ранних этапах до появления явных симптомов отклонений и предпатологических расстройств. При психофизиологических исследованиях, в том числе и тестировании методом Люшера, установлено, что у 62% подростков отмечается повышение личностной тревожности, а у 25% обследованных отмечается повышение ситуативной тревожности. На ЭЭГ это проявляется более высокими показателями спектральной мощности тета-активности в правой лобной и центрально-теменных зонах

коры мозга (рис. 1). Альфа-ритм, при сохранности правильного зонального распределения, проявляется вспышками, длительностью в несколько секунд, перемежающихся полиморфной низкоамплитудной медленноволновой активностью. Может также регистрироваться плоская ЭЭГ. Выявляется относительная неустойчивость ФС ЦНС.

Важно, при этом подчеркнуть, что если в соотношении выраженности альфа-ритма к дельта-ритму знак положительный, то это может отражать состояние тревожности в ЭЭГ-активности мозга. В наших исследованиях положительный индекс отмечался у 72% обследованных нами лиц (соотношение альфа к дельта) (рис. 2).

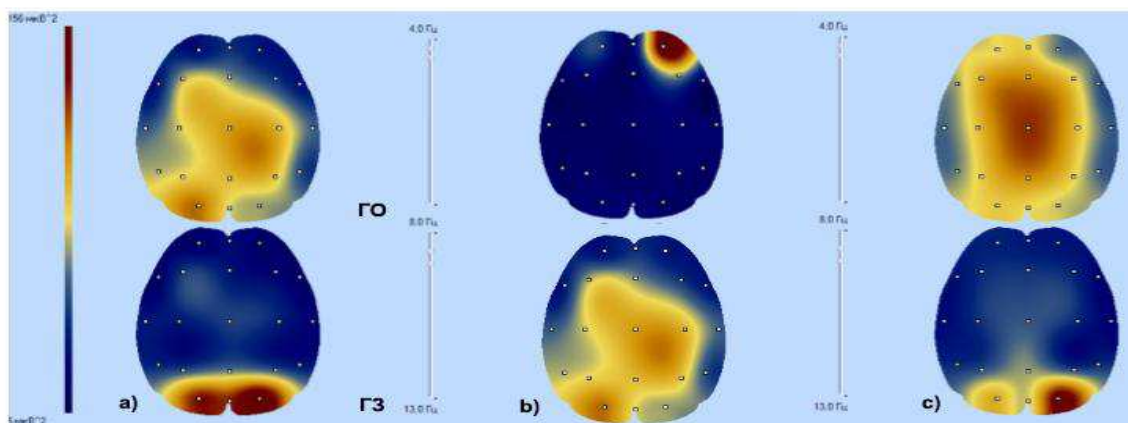


Рис. 1. Индивидуальные спектрограммы у подростков-горцев: а – норма; б – высокая СМ в правой лобной и теменно-затылочных областях коры; с – диффузное повышение СМ по всей области коры головного мозга. ГЗ – при закрытых глазах; ГО – при открытых глазах.

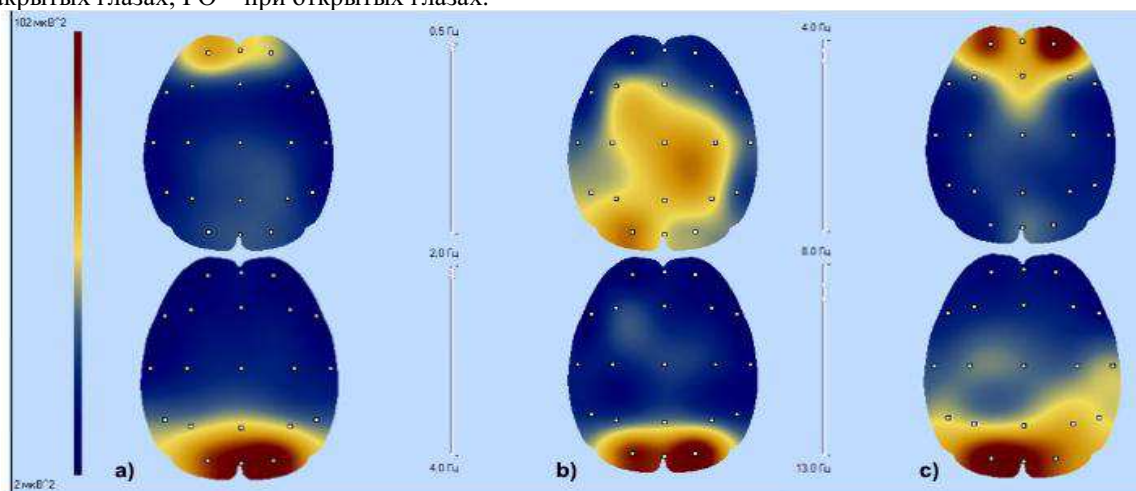


Рис. 2. Индивидуальные спектрограммы у подростков-горцев: а – в дельта- и тета-диапазонах; б – высокая СМ в затылочных и теменно-центральных зонах коры в тета- и альфа-диапазонах; с – соотношение альфа-ритма к дельта-ритму в тета- и альфа-диапазонах.

Исследование и оценка всех индивидуальных параметров ЭЭГ (спектральная мощность ритмов мозга, амплитудно-частотные характеристики, зональность распределения и характер межцентральных взаимодействий) позволили также выявить фронталь-

ную асимметрию альфа-ритма (ФАА), которую можно рассматривать как ЭЭГ-коррелят наличия функциональных расстройств, связанных с дефицитом внимания и гиперактивностью. Известно, что повышение фронтальной активности альфа-ритма в

левом полушарии соответствует преобладанию положительной эмоциональной составляющей и нормальной подвижности, а повышение фронтальной асимметрии альфа-ритма в правом полушарии связано с отрицательным эмоциональным состоянием и избеганием активных действий.

В наших исследованиях у 51% обследованных отмечается ФАА, из них в группе с высокой спектральной мощностью альфа-ритма (91 мкВ^2 и более) выявлена у 21% об-

следованных, в группах со средней ($60\text{-}90 \text{ мкВ}^2$) и низкой (59 мкВ^2 и менее) спектральной мощностью альфа-ритма по 15% в каждой из групп (рис. 3). Из числа обследованных с функциональной асимметрией альфа-ритма преобладание ФАА в правом полушарии мозга отмечается у 62%, в левом полушарии мозга - у 20%; у 18% обследованных лиц фронтальная асимметрия альфа-ритма отсутствует.

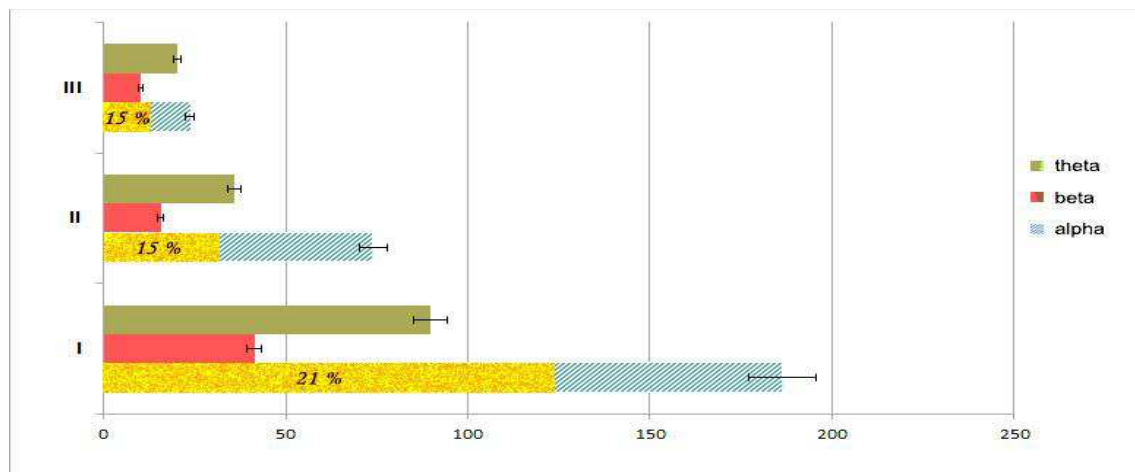


Рис. 3. Выраженность фронтальной асимметрии альфа-ритма (ФАА) в % у подростков-горцев по спектральной мощности ЭЭГ. По оси абсцисс – значения спектральной мощности ЭЭГ, по оси ординат – группы горцев: I – с высокой спектральной мощностью 91 мкВ^2 и выше; II – спектральной мощностью $60\text{-}90 \text{ мкВ}^2$; III – спектральной мощностью 59 мкВ^2 .

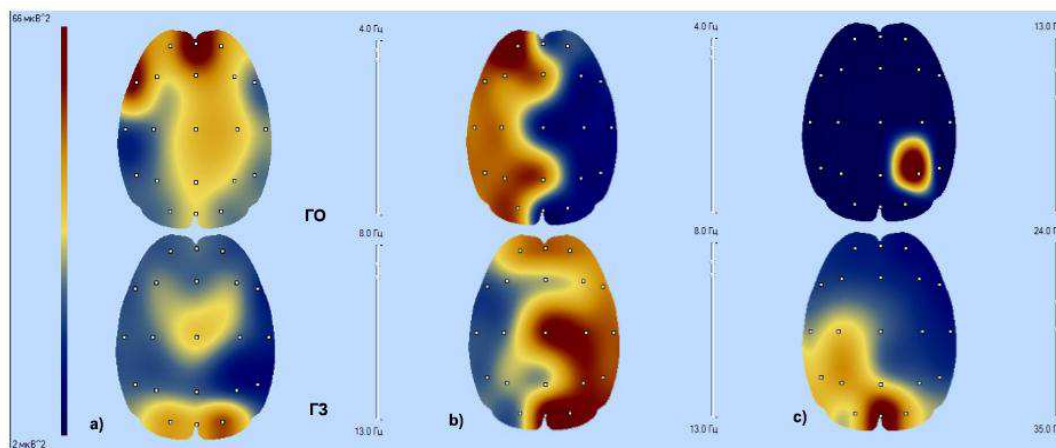


Рис. 4. Смещение фокуса перестроек спектральной мощности ЭЭГ в индивидуальных спектрограммах горцев-подростков: а - из затылочных в центральные области коры; б – смена доминирования полушарий; с – усиление СМ в бета-диапазоне ЭЭГ. ГЗ – при закрытых глазах; ГО – при открытых глазах.

Необходимо отметить, что при функциональной пробе открывание – закрывание глаз отмечается смещение фокуса перестроек спектральной мощности ЭЭГ в центральные зоны коры вместо теменно-затылочных в норме, а также смена доминирования полушарий (рис.4). На паттерн функциональной асимметрии мозга влияют ассоциатив-

ные зоны коры головного мозга, преимущественно, центрально-теменные, отвечающие за формирование внутрицентрального взаимодействия симметричных зон мозга.

Принято считать, что взрослый тип ЭЭГ со стабилизацией амплитуды и частоты ЭЭГ и доминированием альфа-ритма (8-12 Гц) с характерным распределением ритмиче-

ской активности по поверхности коры устанавливается к 12-15 годам.

С этого возраста регистрируется возрастная пространственная синхронизация потенциалов корковых зон, отражающая наличие функциональных взаимосвязей между ними и являющаяся основой для построения многоцелевых поведенческих программ в мозге, но не достигает взрослых величин. В 17-21 лет ЭЭГ характеризуется возросшей ролью передне-лобных зон коры и переходу доминирования левого полушария (у правой), что позволяет развиваться абстрактно-логическому мышлению и другим процессам ВНД. При этом, учащение альфа-ритма является критерием в детерминировании степени морфо-функционального созревания мозга.

Выявленные в высокогорье тета-подобный альфа-ритм в теменно-затылочных и лобно-центральных областях коры, особенно в правом полушарии мозга отражает повышенный уровень напряжения основных регуляторных механизмов мозга и эти изменения можно считать переходным этапом от «незрелого» подросткового паттерна ЭЭГ к постепенному устойчивому доминированию альфа-ритма мозга.

Заключение. К основным выявленным изменениям ЭЭГ относятся: функциональная незрелость отдельных зон коры больших полушарий головного мозга, особенно, ассоциативных зон, преимущественно теменно-затылочно-височные; преобладание низкочастотного альфа-ритма и медленноволновых тета- и дельта-ритмов. Именно такие изменения в ЭЭГ, а также дисбаланс основных медиаторных звеньев регуляции (холинергической и адренергической) корково-подкорковых взаимоотношений при недостаточном развитии внимания и мышления могут явиться основой развития когнитивных расстройств. Проведены однократные БОС-тренинги с целью сопоставления выявленных изменений с результатами структурно-функционального анализа ЭЭГ. Они подтвердили, что наибольшие функциональные изменения наблюдаются в группе подростков с низкой спектральной мощностью ЭЭГ. Являются ли указанные изменения региональными особенностями, которые способ-

ствуют адаптации к неблагоприятным условиям высокогорья, или они свидетельствуют о функциональных нарушениях морфо-функционального развития подростков, говорить преждевременно. Требуются дополнительные высокогорные исследования с расширением количества и контингента проводимых исследований.

Таким образом, выполнены исследования по выявлению соответствия нейрофизиологических характеристик морфофункциональному развитию мозга у подростков высокогорья с определением признаков «незрелости» ЭЭГ-параметров: преобладание низкочастотного альфа-ритма, недостаточной модуляции по амплитуде, нарушение пространственного распределения с преобладанием в центральных и лобно-центральных зонах коры головного мозга; наличие медленно волновых тета- и дельта-ритмов в лобно-височных и затылочных зонах коры, характеризующих низкий уровень активации со стороны подкорковых структур, подтверждающихся повышением тревожности, и положительным соотношением выраженности альфа- к дельта-ритму у 72% обследованных подростков; а также преобладание фронтальной асимметрии альфа-ритма в правом полушарии у 62% примерно у половины обследованных подростков (51%), связанной с отрицательным эмоциональным состоянием и отражающей высокий уровень напряжения основных регуляторных механизмов мозга. При этом учащение альфа-ритма является детерминирующим фактором в степени функционального созревания мозга.

Список литературы

1. Медведев В.И. Адаптация человека/СПб. Институт мозга человека. РАН. -2009.
2. Зараковский Г.М. Целевая функция адаптации человека (в развитие идей В.И.Медведева)//Физиология человека. -2006. -№5. -С.119-127.
3. Carron A.V., Balley D.A. Strenght development in boys from 10 through 16 years/Monograph of the Society for Research in Child Development. 39(4). Serial -N157.- 1-37. - 1974.
4. Goldberg L.R. The Structure of phenotypic personality trails/American Psycologist. -48:26-34. -1993.
5. Либин А.В. Дифференциальная психология. М.:ЭКМО.-2008.
6. Сердюковская Г.И., Жилов Ю.Д. Окружающая среда и здоровье подростков. М.:Медицина. -1977.
7. Джунусова Г.С. Центральные механизмы адаптации человека в горах. Бишкек. -2013.-280 с.