

УДК 612.82:797.215+612.655
ББК 28.864.417.7:75.717.91+28.903,7

*Аикин В. А. *, Елохова Ю. А., Поддубный С. К.*

ИЗМЕНЕНИЕ МОЩНОСТИ АЛЬФА- И БЕТА-РИТМОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ДАЙВИНГОМ

В работе изучалось подводное плавание с аквалангом в условиях бассейна на биоэлектрическую активность головного мозга детей 12-ти лет. Исследованы изменения мощности (mkV^2) альфа- и бета-ритмов до и после дайвинга при однократном погружении под воду с аквалангом. Исследования показали, что у детей 12-летнего возраста после однократного занятия дайвингом происходит достоверное увеличение мощности альфа-ритма во всех областях обоих полушарий головного мозга. Установлено, что в конце курса обучения дайвингу после подводного погружения с аквалангом у детей в покое мощность альфа-ритма увеличилась во всех областях коры головного мозга. Полученные данные свидетельствуют о том, что в процессе курса обучения детей дайвингу патологических изменений в биоэлектрической активности головного мозга зарегистрировано не было.

Ключевые слова: дайвинг, дети, биоэлектрическая активность головного мозга, альфа- и бета-ритмы.

*Aikin V. A. *, Elokhova Yu. A., Poddubnyi S. K.*

CHANGING POWER ALPHA AND BETA-RHYTHM BRAIN IN CHILDREN DIVING

Scuba diving in a pool is studied in this paper. We studied the influence of it on the brain bioelectric activity of 12 year old children. The changes in power (mkV^2) alpha and beta rhythms before and after diving for a single submerged under water diving are also studied in the paper. Studies have shown that a significant increase in the power of the alpha rhythm in all areas of both hemispheres appears in the brain of 12 year old children after a single diving. It is found that at the end of the scuba diving course the power of the alpha rhythm of children at rest increased in all regions of the cerebral cortex. The received data indicate that during the course of teaching children diving no pathological changes in brain activity were recorded.

Key words: diving, children, brain bioelectric activity, alpha and beta rhythms.

* E-mail: aikin-va@yandex.ru

В последнее время экстремальная деятельность становится популярной. Распространенность подводного плавания с аквалангом среди взрослого населения привело к появлению детского дайвинга. Первые шаги в этом направлении дети совершают с 8-летнего возраста.

При занятиях дайвингом на центральную нервную систему человека влияет комплекс факторов, основными из которых являются: изменение гравитации, психоэмоциональный стресс, физические нагрузки, воздействие дыхательных газов, гипотермия. Комплекс этих факторов требует от организма напряжения регуляторных систем, мобилизацию функциональных резервов при участии всех

уровней управления физиологическими функциями организма [8]. При этом дети более восприимчивы к воздействию неблагоприятных факторов дайвинга [13].

В исследованиях Н.В. Newton et all (2008) отмечается, что от 900 до 1000 дайверов получают осложнения, симптомы которых часто связаны с дисфункцией нервной системы. Одним из неблагоприятных факторов для центральной нервной системы (ЦНС) является наркотическое действие азота, изменение видимости и слышимости под водой, которое приводит к сильному напряжению этой системы и преждевременному ее переутомлению. Во время погружения под воду на центральную нервную систему

негативное влияние оказывает токсическое воздействие кислорода. Симптомы токсического поражения ЦНС включают: нарушения зрения (туннельное зрение, неспособность сфокусироваться), нарушение слуха (звон в ушах, появление посторонних звуков), тошноту, судорожные сокращения (особенно мышц лица), повышенную чувствительность к внешним раздражителям и головокружение. Токсическое воздействие кислорода на ЦНС может вызвать утопление [17].

Дайвинг требует от организма человека высокой физиологической и физической устойчивости [11]. При больших по объему и интенсивности нагрузках у подростков может возникнуть физическое перенапряжение, а также уменьшение генетического влияния на становление всех функций, в том числе и нейрофизиологических [10]. Вместе с тем при изучении работ российских и иностранных авторов нами не было обнаружено исследований о влиянии занятий дайвингом на биоэлектрическую активность головного мозга у детей разного пола. Поэтому исследование в этом направлении является, по нашему мнению, крайне актуальным.

Цель исследования: определить биоэлектрическую активность головного мозга в альфа- и бета-диапазонах у детей 12 лет при однократном погружении под воду с аквалангом.

Организация и методы исследования. В исследовании принимали участие 50 девочек в возрасте 12 лет г. Омска. Исследование проводилось в плавательном бассейне «Альбатрос» Сибирского государственного университета физической культуры и спорта города Омска. Погружения с аквалангом осуществлялись без гидрокостюмов на глубину $4,0 \pm 0,5$ м при температуре воды 27°C [1; 2].

Регистрация электроэнцефалографии (ЭЭГ) проводилась в начале курса обучения дайвингу в стандартных условиях при температуре $22-24^{\circ}\text{C}$, в тихой комнате, в спокойной обстановке. Все испытуемые до и после погружения прошли электроэнцефалографическое обследование на компьютерном 16-канальном электроэнцефалографе «Мицар». Детям объяснялось, что запись

ЭЭГ абсолютно безвредна и безболезненна. Во время исследования ребенок находился в удобном кресле в расслабленном состоянии. Регистрация электроэнцефалограммы проводилась хлорсеребряными чашечковыми электродами, расположенными на поверхности головы в соответствии с требованиями международной системы 10-20 [4].

Исследование включало регистрацию фоновой ЭЭГ в течение 1 минуты при глазах закрытых (ГЗ) и при глазах открытых (ГО). Одним из важных компонентов биоэлектрической активности головного мозга является альфа-ритм, который хорошо выражен только при отсутствии зрительных раздражителей. В качестве основной характеристики состояния мозга использовалась реакция активации, определяемая по депрессии альфа-ритма у испытуемого при открытии глаз [4; 18]. Проводился визуальный анализ ЭЭГ, изучалась абсолютная мощность (мкВ^2) альфа- (8-13 Гц) и бета-ритмов (10-30 Гц) биоэлектрической активности головного мозга. Для анализа использовались безартефактные эпохи ЭЭГ длительностью 6 с.

Статистическую значимость различий для двух связанных выборок оценивали с помощью парного критерия Вилкоксона.

Результаты исследования. Известно, что у здоровых людей на ЭЭГ альфа-ритм регистрируется в диапазоне частот от 8 до 13 Гц. В норме у здорового человека в состоянии спокойного бодрствования, при отсутствии внешних раздражителей, альфа-ритм на ЭЭГ доминирует в затылочных отделах головного мозга [4]. На ЭЭГ у детей к 12-13-летнему возрасту устанавливается взрослый тип электрической активности головного мозга со стабилизацией амплитуды и частоты корковых потенциалов. При этом отмечается выраженное доминирование альфа-ритма (8-12 Гц) и характерное для данного возраста распределения ритмической активности по поверхности коры головного мозга [3; 10].

Бета-ритм – это быстроволновая активность с частотой 14-30 Гц и амплитудой 5-30 мкВ . Данный диапазон, связанный с сознательной концентрацией внимания на каком-либо внешнем объекте, характерен для

активного, бодрствующего состояния человека. Бета-ритм регистрируется при умственном напряжении или во время решения задач [3; 4]. В данном диапазоне выделяют два частотных компонента: бета1- (14-25 Гц) и бета2-ритмы (25-30 Гц) или низко- и высокочастотный ритм [6; 14].

Визуальный анализ ЭЭГ у детей 12-ти лет в нормобарических условиях в состоянии спокойного бодрствования при закрытых глазах выявил хорошо выраженное доминирование альфа-ритма с амплитудой 58 мкВ в затылочных областях коры головного

мозга. Отмечалась дезорганизация альфа-ритма единичными дельта-волнами амплитудой 60 мкВ и полифазными волнами тета-ритма с амплитудой 37 мкВ, с их локализацией преимущественно в центральных областях головного мозга. Анализ функциональной пробы ЭЭГ с открыванием глаз показал, что у испытуемых реакция активации выражалась в десинхронизации корковой ритмики. При этом усиления медленноволновой активности на ЭЭГ выявлено не было. В то же время регистрировался низкоамплитудный бета-ритм (рисунок 1).



Рисунок 1 – Электроэнцефалограмма ребенка Е. до погружения под воду с аквалангом (1 – ГЗ, 2 – ГО)

Результаты визуального анализа ЭЭГ после подводного погружения свидетельствуют об отсутствии возрастания амплитуды тета- и дельта-ритмов. При открытых глазах

значительных изменений биоэлектрической активности головного мозга в альфа-диапазоне зарегистрировано не было (рисунок 2).

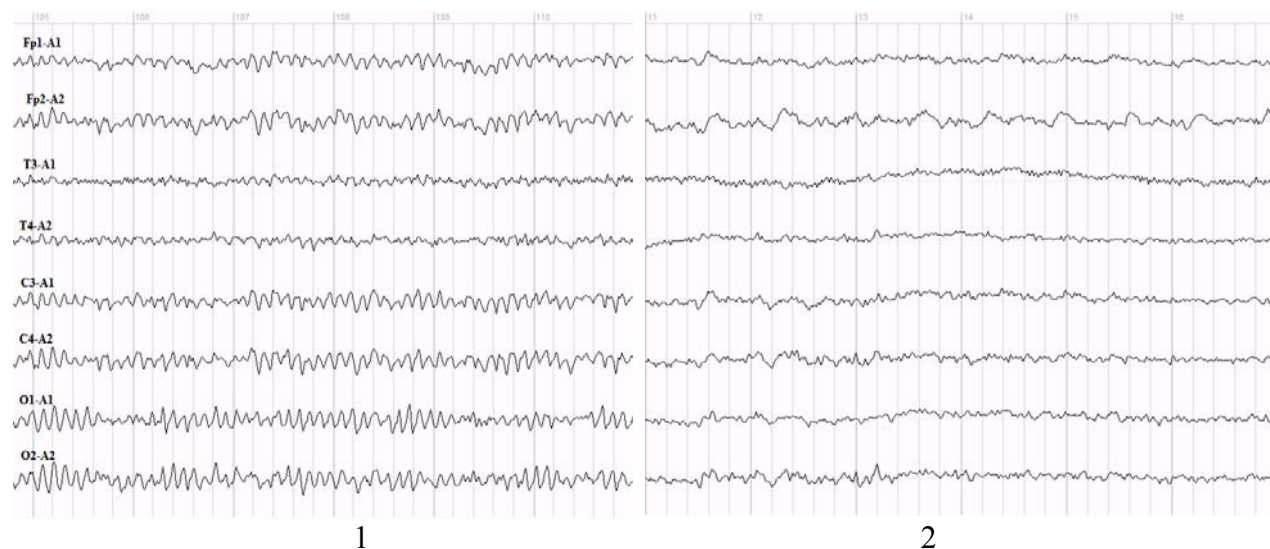


Рисунок 2 – Электроэнцефалограмма девочки Е. после погружения под воду с аквалангом (1 – ГЗ, 2 – ГО)

Установлено, что после занятия на ЭЭГ у детей альфа-ритм преимущественно локализовался в центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга. Таким образом, после занятия дайвингом у детей достоверное ($P < 0,05$) увели-

чение мощности альфа-ритма зарегистрировано во всех областях обоих полушарий головного мозга. После дайвинга при открытых глазах у детей изменений показателей данного ритма зарегистрировано не было (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели мощности альфа-ритма (мкВ^2) у детей при однократном занятии дайвингом ($M \pm m$)

Отведения	Фон ЭЭГ	Альфа-ритм	
		до дайвинга	после дайвинга
Fp1-A1	ГЗ	$0,52 \pm 0,04$	$0,90 \pm 0,08$
	ГО	$0,18 \pm 0,001$	$0,21 \pm 0,01$
Fp2-A2	ГЗ	$0,54 \pm 0,04$	$1,16 \pm 0,08^*$
	ГО	$0,20 \pm 0,01$	$0,21 \pm 0,01$
T3-A1	ГЗ	$0,35 \pm 0,04$	$1,00 \pm 0,12^*$
	ГО	$0,10 \pm 0,01$	$0,26 \pm 0,04$
T4-A2	ГЗ	$0,50 \pm 0,04$	$1,01 \pm 0,08^*$
	ГО	$0,12 \pm 0,01$	$0,24 \pm 0,01$
C3-A1	ГЗ	$0,77 \pm 0,05$	$1,98 \pm 0,14^*$
	ГО	$0,42 \pm 0,02$	$0,58 \pm 0,03$
C4-A2	ГЗ	$1,38 \pm 0,09$	$2,37 \pm 0,09^*$
	ГО	$0,62 \pm 0,04$	$0,87 \pm 0,08$
O1-A1	ГЗ	$3,42 \pm 0,12$	$6,19 \pm 0,17^*$
	ГО	$0,37 \pm 0,02$	$0,51 \pm 0,04$
O2-A2	ГЗ	$2,54 \pm 0,12$	$6,03 \pm 0,14^*$
	ГО	$0,32 \pm 0,02$	$0,31 \pm 0,03$

Примечание: * – $P < 0,05$ различия статистически значимы по отношению к результатам альфа-ритма «до дайвинга»

В исследованиях других авторов показано, что в данном возрасте у детей альфа-ритм локализуется преимущественно в затылочных областях коры головного мозга, а его амплитуда достигает 90 мкВ [7]. Анализ мощности альфа-ритма в покое у девочек, занимающихся дайвингом, показал его доминирование в затылочных областях обоих полушарий коры головного мозга. Полученные данные показывают, что ЭЭГ у детей приближается к характеристикам взрослого человека, что проявляется наличием более высокой мощности альфа-ритма в центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга. Однако следует отметить, что альфа-ритм у детей не является еще доминирующим ритмом, и на ЭЭГ еще регистрируется медленноволновая активность [9].

Анализ мощности бета-ритма при закрытых глазах до занятия дайвингом показал,

что наибольшая мощность была зарегистрирована у детей в центральных и затылочных областях обоих полушарий коры головного мозга. После занятий дайвингом достоверных изменений мощности бета-ритма на ЭЭГ не отмечалось (таблица 2).

Из топограмм спектральной мощности ЭЭГ видно, что до занятия дайвингом при закрытых глазах альфа-ритм регистрировался в затылочных областях обоих полушарий коры головного мозга. После погружения под воду с аквалангом этот диапазон доминировал в центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга. При открытых глазах – в центральных областях обоих полушарий головного мозга (рисунок 3).

Из топографических карт видно, что после дайвинга у детей изменения мощности бета-ритма зарегистрировано не было (рисунок 4).

Таблица 2 – Показатели мощности бета-ритма (μV^2) у детей при однократном занятии дайвингом ($M \pm m$)

Отведения	Фон ЭЭГ	Бета-ритм	
		до дайвинга	после дайвинга
Fp1-A1	ГЗ	$0,12 \pm 0,001$	$0,10 \pm 0,001$
	ГО	$0,15 \pm 0,001$	$0,10 \pm 0,001$
Fp2-A2	ГЗ	$0,15 \pm 0,01$	$0,15 \pm 0,01$
	ГО	$0,17 \pm 0,01$	$0,18 \pm 0,02$
T3-A1	ГЗ	$0,13 \pm 0,01$	$0,16 \pm 0,02$
	ГО	$0,13 \pm 0,02$	$0,10 \pm 0,01$
T4-A2	ГЗ	$0,15 \pm 0,02$	$0,14 \pm 0,01$
	ГО	$0,13 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,01$
C3-A1	ГЗ	$0,16 \pm 0,001$	$0,12 \pm 0,001$
	ГО	$0,20 \pm 0,01$	$0,14 \pm 0,01$
C4-A2	ГЗ	$0,21 \pm 0,01$	$0,20 \pm 0,01$
	ГО	$0,16 \pm 0,01$	$0,17 \pm 0,01$
O1-A1	ГЗ	$0,21 \pm 0,01$	$0,28 \pm 0,01$
	ГО	$0,17 \pm 0,01$	$0,15 \pm 0,01$
O2-A2	ГЗ	$0,19 \pm 0,01$	$0,19 \pm 0,01$
	ГО	$0,13 \pm 0,01$	$0,15 \pm 0,001$

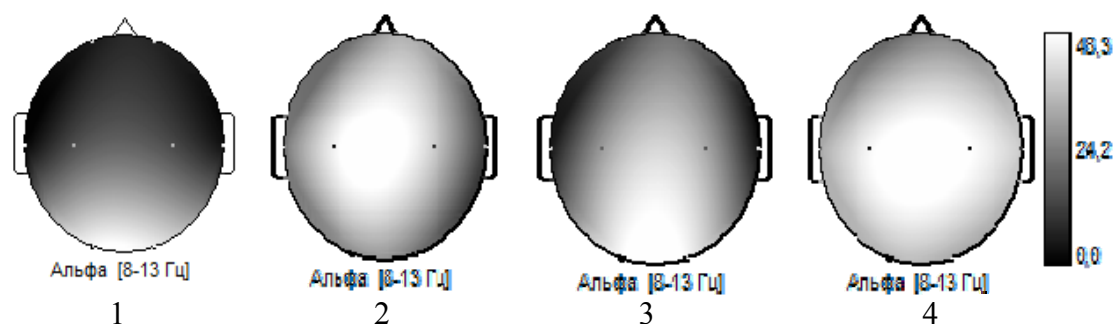


Рисунок 3 – Топографическое распределение спектральной мощности ЭЭГ в альфа-диапазоне у детей до и после подводного погружения с аквалангом (1 – до занятия, ГЗ; 2 – после занятия, ГЗ; 3 – до занятия, ГО; 4 – после занятия, ГО)



Рисунок 4 – Топографическое распределение спектральной мощности ЭЭГ в бета-диапазоне у детей до и после подводного погружения с аквалангом (1 – до занятия, ГЗ; 2 – после занятия, ГЗ; 3 – до занятия, ГО; 4 – после занятия, ГО)

Ранее было установлено, что снижение мощности альфа-ритма происходит в состоянии эмоционального стресса по сравнению с фоновыми записями [12]. Наши исследования свидетельствуют о том, что при занятиях дайвингом не происходит супрессии альфа-ритма как при закрытых глазах, так и при реакции активации. Это свидетельствует о том, что дайвинг положительно влияет на ЦНС детей 12 лет.

Известно, что в подростковом возрасте происходит снижение мощности основных ритмов, что свидетельствует о приближении электроэнцефалографических показателей к взрослому типу ЭЭГ. Некоторые исследователи считают, что на ЭЭГ у детей к 12-летнему возрасту наблюдается стабилизация амплитуды и частоты корковых потенциалов. Также отмечается выраженное доминирование альфа-ритма (8-12 Гц) и характерное для данного возраста распределение ритмической активности по поверхности коры головного мозга [5]. Наши исследования подтверждают вышеотмеченный факт. При этом биоэлектрическая активность головного мозга девочек продолжает своё дальнейшее формирование.

Анализ мощности бета-ритма при закрытых глазах показал, что наибольшая мощность этого диапазона у детей была зарегистрирована в центральных и затылочных областях обоих полушарий головного мозга, а при открытых глазах – в лобной области правого полушария и теменной области левого полушария головного мозга. Нами установлено, что наибольшая мощность данного ритма регистрируется при сознательной концентрации внимания на внешнем объекте и при активном бодрствовании [3; 4].

Анализ ЭЭГ не выявил статистически значимых изменений мощности бета-ритма у детей после занятий дайвингом. Полученные результаты свидетельствуют о том, что после занятия дайвингом не отмечалось существенного напряжения, что хорошо согласуется с данными литературы [3]. Однако следует отметить, что десинхронизация бета-ритма может сопровождаться снижением мощности альфа-ритма [6].

Выводы:

1. У детей 12 лет при регистрации ЭЭГ в покое отмечалась сформированная альфа-активность головного мозга с локализацией в зрительной области коры.

2. У 12 детей после занятий дайвингом отмечается существенное повышение мощности биоэлектрической активности в альфа-диапазоне в теменных и затылочных областях обоих полушарий. По-видимому, занятия дайвингом способствуют оптимизации функционального состояния центральной нервной системы подростков.

Список литературы

1. Аикин, В. А. Особенности альфа-ритма головного мозга у подростков занимающихся дайвингом / В. А. Аикин, Ю. А. Елохова, С. К. Поддубный // Омский научный вестник. Серия Ресурсы Земли. Человек. – 2012. – № 2 (114). – С. 92-96.

2. Изменение биоэлектрической активности головного мозга в тета- и дельта-диапазонах у юных дайверов / В. А. Аикин, Ю. А. Елохова, С. К. Поддубный, С. И. Голубкова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. URL: <http://www.science-education.ru/110-9563> (дата обращения: 10.10.2014).

3. Алиева, Т. А. Возрастные изменения электроэнцефалограммы и вызванных потенциалов у детей / Т. А. Алиева, В. Б. Павленко // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: Биология, химия. – 2010. – Т.23 (62), №3. – С. 3-14.

4. Зенков, Л. Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). Руководство для врачей / Л. Р. Зенков. – 5-е изд. – М. : МЕДпрессинформ, 2012. – 356 с.

5. Королева, Н. В. Электроэнцефалографический атлас эпилепсий и эпилептических синдромов у детей / Н. В. Королева, С. И. Колесников, С. В. Воробьев. – М. : Литтерра, 2011. – 256 с.

6. Кропотов, Ю. Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия / Ю. Д. Кропотов; под ред. В. А. Пономарева. – Донецк : Издатель Заславский А. Ю. – 2010. – 512 с.

7. Сергеева, Е. Г. Возрастные особенности функционального развития мозга у школьников, проживающих в условиях Европейского Севера: дис. ... канд. биологических наук / Е. Г. Сергеева. – СПб., 2009. – 168 с.
8. Следков, А. Ю. Особенности функционирования организма человека в гипербарической среде / А. Ю. Следков, В. В. Довгуша. – СПб., 2003. – 152 с.
9. Нормативные значения спектральных характеристик ЭЭГ здоровых испытуемых от 7 до 89 лет / Е. П. Терещенко, В. А. Пономарев, А. Мюллер, Ю. Д. Кропотов // Физиология человека. – 2010. – Т. 36, № 1. – С. 5-17.
10. Фарбер, Д. А. Электроэнцефалограмма детей и подростков / Д. А. Фарбер, В. В. Алферова. – М. : Педагогика, 1972. – 216 с.
11. Chenot, J.-F., Simmenroth-Nayda, A. Die Tauchtauglichkeitsuntersuchung für Sporttaucher // Zeitschrift für Allgemeinmedizin. – 2007. – № 10. – P. 417-426.
12. Davidson, R. J., Abercrombie, H., Nitschke, J. B., Putnam, K. Regional brain function, emotion and disorders of emotion // Curr. Opin. Neurobiol. – 1999. – V. 9. – P. 228-234.
13. Edmonds, C. Children and diving: a review of SPUMS articles // South Pacific Underwater Medicine Society. – 2003. – V. 33, № 4. – P. 206-211.
14. Jensen, O. On the human sensorimotor-cortex beta rhythm: Sources and modeling / O. Jensen, P. Goel, N. Kopell, M. Pohja, R. Hari, B. Ermentrout // NeuroImage. – 2005. – V. 26. – P. 347-355.
15. Knyazev, G. G., Slobodskaya, H. R. Personality trait of behavioral inhibition is associated with oscillatory systems reciprocal relationships // Int. J. Psychophys. – 2003. – V. 48, № 3. – P. 247-261.
16. Newton, H. B., Burkart, J., Pearl, D., Padilla, W. Neurological Decompression Illness and Hematocrit: Analysis of a consecutive series of 200 recreational scuba divers // Neurological DCI and Hematocrit. – 2008. – V. 35, №2. – P. 99-106.
17. Schwerzmann, M., Seiler, Ch. Recreational scuba diving, patent foramen ovale and their associated risks // SWISS MED WKLY. – 2001. – V. 131, № 6. – P. 365-374.
18. Vecchio, F., Del Percio, C., Marzano, N. et al. Functional cortico-muscular coupling during upright standing in athletes and nonathletes: a coherence electroencephalographic-electromyographic study // Behav Neurosci. – 2008. – V. 122, № 4. – P. 917-927.