

АНАЛИЗ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ ПРИ ОДНОКРАТНОМ ПОГРУЖЕНИИ ПОД ВОДУ С АКВАЛАНГОМ

Елохова Ю.А.¹, Поддубный С.К.¹, Аикин В.А.¹, Гольтяпин В.В.²

¹ФГБОУ ВПО «Сибирский Государственный университет физической культуры и спорта Министерства спорта Российской Федерации», Омск, Россия (644009, Омск, ул. Масленникова, 144), e-mail: rector@sibguflk.ru

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт математики им. С.Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия (630090, проспект академика Коптюга, 4,) goltyapin@mail.ru.

Изучалось влияние занятий дайвингом на биоэлектрическую активность головного мозга детей 12-ти лет при однократном погружении под воду с аквалангом. Исследованы изменения мощности (мкВ²) альфа-, бета-, тета- и дельта-ритмов до и после погружения под воду с аквалангом. После занятия дайвингом у мальчиков при выполнении факторного анализа данных ЭЭГ было выделено два фактора с суммарным накопительным вкладом в общую дисперсию признаков 79,03%. Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии 47,85%, а также высокие факторные нагрузки по переменным: альфа-ритм ($r=0,78$), тета-ритм ($r=0,82$), дельта-ритм ($r=0,76$). Данный фактор можно интерпретировать как когнитивный. Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии составил 25,24%. В этот фактор вошла переменная – бета-ритм ($r=0,98$). Фактор, составленный из переменной второй группы, можно считать важным для непосредственной оценки внимания и умственного напряжения (фактор внимания). После занятия дайвингом у девочек при выполнении факторного анализа данных ЭЭГ были выделены две главные компоненты (фактора) с суммарным накопительным вкладом в общую дисперсию признаков 69,02%. Результаты факторного анализа свидетельствуют о перспективности применения показателей биоэлектрической активности головного мозга для дифференциальной диагностики ряда функциональных состояний человека, возникающих при занятиях дайвингом.

Ключевые слова: дайвинг, дети, биоэлектрическая активность головного мозга, факторный анализ.

ANALYSIS OF BIOELECTRIC BRAIN ACTIVITY IN CHILDREN WITH A SINGLE IMMERSION UNDER WATER WITH AN AQUALUNG

Yelokhova Y.A.¹, Poddubnyi S.K.¹, Aikin V.A.¹, Goltiapin V.V.²

¹Siberian State University of Physical Culture and Sports Ministry of Sports of the Russian Federation, Omsk, Russia (644009, Omsk, ul. Maslennikov, 144), e-mail: rector@sibguflk.ru

²Federalnoe State Budget Institution of Science Institute of Mathematics. S., Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia (630090 Akademika Koptuyuga 4,) goltyapin@mail.ru.

Influence of occupations by diving on bioelectric activity of a brain of children of 12 years was studied at single immersion under water with an aqualung. Power changes (мкВ²) alpha, beta, a theta - and delta-rhythms before immersion under water with an aqualung are investigated. After occupation by diving at boys at implementation of the factorial analysis of data of EEG two factors with a total accumulative contribution to the general dispersion of signs of 79,03% were allocated. The first factor had a percentage contribution from the general dispersion of 47,85%, and also high factorial loadings on variables: alpha-rhythm ($r=0,78$), theta-rhythm ($r=0,82$), delta-rhythm ($r=0,76$). This factor can be interpreted as cognitive. The percentage contribution of the second factor from the general dispersion made 25,24%. The variable entered this factor – a beta-rhythm ($r=0,98$). The factor made of variable second group, it is possible to consider important for a direct assessment of attention and intellectual tension (an attention factor). After occupation by diving at girls at implementation of the factorial analysis of data of EEG two main components (factor) with a total accumulative contribution to the general dispersion of signs of 69,02% were allocated. Results of the factorial analysis testify to prospects of application of indicators of bioelectric activity of a brain for differential diagnostics of a number of functional conditions of the person arising at occupations by diving.

Keywords: diving, children, bioelectric activity of a brain, factorial analysis.

Введение

Известно, что при занятиях дайвингом на организм человека влияет комплекс факторов, основными из которых являются: изменение гравитации, психоэмоциональный стресс, физические нагрузки, воздействие дыхательных газов и гипотермия. Комплекс этих факторов требует от организма напряжения защитно-приспособительных механизмов [7, 8], высокой физиологической и физической устойчивости [8]. К воздействию экстремальных факторов гипербарической среды особенно чувствительна центральная нервная система, обладающая сложной и высокой организацией. Установлено, что общее состояние организма в условиях подводного погружения определяется, прежде всего, ее функциональным состоянием [7].

Известно, что на электроэнцефалограмме (ЭЭГ) у детей к 12-13-летнему возрасту устанавливается взрослый тип биоэлектрической активности головного мозга со стабилизацией амплитуды и частоты корковых потенциалов. При этом отмечается выраженное доминирование альфа-ритма и характерное для данного возраста распределение ритмической активности по поверхности коры головного мозга. Однако у детей продолжают регистрироваться на ЭЭГ тета- и дельта-ритмы [3].

Однако в настоящее время ни в отечественной, ни в иностранной литературе не было обнаружено исследований с применением факторного анализа для оценки влияния погружений под воду с аквалангом на биоэлектрическую активность головного мозга у юных дайверов. Поэтому представляется актуальным выявление скрытых характеристик биоэлектрической активности головного мозга у детей при однократном погружении под воду с аквалангом.

Цель исследования

Определить минимальное число общих факторов, которые удовлетворительно воспроизводят корреляции между наблюдаемыми переменными, а также получить латентные интегративные характеристики биоэлектрической активности головного мозга у детей, занимающихся дайвингом.

Материал и методы исследования

В эксперименте приняли участие 99 здоровых детей (51 мальчиков и 48 девочек) в возрасте 12-ти лет, допущенные к занятиям дайвингом по состоянию здоровья. Исследования проводились в крытом плавательном бассейне «Альбатрос» Сибирского государственного университета физической культуры и спорта города Омска. Погружение осуществлялись в сопровождении инструктора. Погружения осуществлялись на глубину 4,5 м при температуре воды 27°C.

Регистрация и анализ ЭЭГ в стандартных условиях при температуре 22-24°C в тихой комнате в спокойной обстановке. Все испытуемые прошли электроэнцефалографическое

обследование на компьютерном 16-канальном электроэнцефалографе «Мицар». Показатели биоэлектрической активности головного мозга регистрировались до и после занятия дайвингом. Детям объяснялось, что запись ЭЭГ абсолютно безвредна и безболезненна. Во время исследования ребенок находился в удобном кресле в расслабленном состоянии. Регистрация ЭЭГ осуществлялась хлорсеребряными чашечковыми электродами, расположенными на поверхности головы в соответствии с требованиями международной системы 10-20 при закрытых глазах. Проводился визуальный и количественный анализ ЭЭГ, изучалась мощность (мкВ^2) биоэлектрической активности головного мозга. Для анализа использовались безартефактные эпохи ЭЭГ длительностью 6 с. В статье исследовались следующие экспериментальные показатели: альфа-, бета-, тета- и дельта ритмы.

В качестве математического аппарата научного исследования использовались модель и алгоритм многомерного факторного анализа, а также элементы описательной статистики. Основная цель факторного анализа заключалась в отыскании плоскостей или гиперплоскостей, проходящих через центр тяжести облака точек в m -мерном пространстве измеряемых показателей, и с условием, что сумма квадратов расстояний всех точек от этих плоскостей минимальна. В качестве модели факторного исследования использовался метод главных компонент с варимакс вращением (Varimax raw) и было выделено соответствующее количество r -компонент. Данная модель позволяет достичь выше поставленную цель посредством максимизации суммарной дисперсии в одном направлении и при выполнении ниже следующего ограничения:

$$R - U^2 = AA^T, \quad (1)$$

где A – матрица весовых нагрузок факторов (ортогональная факторная структура) размерности $m \times r$, а U^2 – диагональная матрица с общностями размерности $m \times m$.

Матрица A находилась посредством произведение двух первых матриц сингулярного разложения матрицы R и с отсечением незначимых собственных значений, что дало возможность максимизации общей дисперсии при выполнении ограничения (1). Для определения количества факторов использовался комбинированный способ: анализ собственных значений корреляционной матрицы с применением критерия Гуттмана и критерия «каменистой осыпи», то есть если собственные значения матрицы R были меньше 1 и точка на графике лежала близко к основанию, то это означало возможность исключения данного фактора [5].

Первичная статистическая обработка экспериментальных данных включала в себя сравнение групп по показателям и проводилась методами непараметрической статистики с использованием критерия Вилкоксона. Перед проведением факторного анализа осуществлялось формирование базы данных исходных показателей. Проверка выборок на однородность и наличие нормального распределения осуществлялась с помощью критерия Шапиро-Уилка [4, 5]. Расчет статистических показателей производился с помощью программы «Statistica – 10.0 for Windows».

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования ЭЭГ детей показали, что после подводного погружения с аквалангом отмечалось распространение альфа-ритма по коре головного мозга с локализацией его максимума в теменно-затылочных областях. Также установлено, что у детей 12-ти лет на ЭЭГ продолжает регистрироваться медленноволновая активность (тета- и дельта-ритмы) в лобных, теменных и затылочных областях коры головного мозга. Установлено, что у детей после занятия дайвингом происходило снижение спектральной мощности дельта-ритма во всех областях коры головного мозга. В то же время достоверных изменений биоэлектрической активности головного мозга в тета-диапазоне не зарегистрировано [1, 2].

Факторный анализ основан на учете взаимосвязей между наблюдаемыми переменными. С помощью варимакс вращения (метод Varimax raw) первичных факторных структур методом главных компонент получены и проинтерпретированы простые факторные структуры на базе показателей ЭЭГ у детей 12-ти лет. Данное факторное исследование позволило сравнить факторные структуры и выявить латентные интегративные характеристики биоэлектрической активности головного мозга до и после погружения под воду с аквалангом.

Согласно данным, полученным при исследовании мальчиков до дайвинга, в первой факторной структуре было выделено две группы переменных: 1 – альфа-, тета- и дельта-ритмы; 2 – бета-ритм. Суммарный накопительный вклад в дисперсию признаков полученных факторов составил 75,84%. Данные группы переменных были выделены по уровню значимости – 0,7, т.е. переменные нагружали свой фактор по величине не меньше 0,7 (табл. 1).

Таблица 1

Матрица факторных нагрузок на показатели ЭЭГ у мальчиков до занятия дайвингом (метод главных компонент, вращение методом Varimax raw, указаны весовые нагрузки $|r| \geq 0,70$)

	Factor – 1	Factor – 2
Альфа-ритм	0,80	-0,22
Бета-ритм	0,04	0,96
Тета-ритм	0,81	0,39
Дельта-ритм	0,75	0,08

Первый по значимости фактор с вкладом общей дисперсии – 48,95%, включал три составляющие: альфа- ($r=0,80$), тета- ($r=0,81$) и дельта-ритмы ($r=0,75$). Данный фактор с физиологической точки зрения можно интерпретировать как когнитивный фактор. Вторым по значимости фактор (вклад доли общей дисперсии 26,89%) включал в себя одну переменную: бета-ритм ($r=0,96$). Фактор, составленный из переменных второй группы, можно считать важным для непосредственной оценки внимания и умственного напряжения, интерпретировать как фактор внимания.

При выполнении математического анализа данных ЭЭГ у девочек до занятия дайвингом были выделены 2 фактора (главные компоненты) с суммарным накопительным вкладом в дисперсию признаков 70,65%. Первый по значимости фактор с вкладом общей дисперсии 45,30% включал две составляющие: дельта-ритм ($r=0,77$) и тета-ритм ($r=0,87$), который можно интерпретировать как когнитивный фактор. Вторым по значимости фактор (вклад доли общей дисперсии 25,35%) включал в себя одну переменную – альфа-ритм ($r=-0,97$). Данный фактор можно характеризовать как фактор первичной сенсорной обработки информации (табл. 2).

Таблица 2

Матрица факторных нагрузок на показатели ЭЭГ у девочек до занятия дайвингом (метод главных компонент, вращение методом Varimax raw, указаны весовые нагрузки $|r| \geq 0,70$)

	Factor - 1	Factor - 2
Альфа-ритм	-0,04	-0,97
Бета-ритм	0,66	-0,22
Тета-ритм	0,87	0,09
Дельта-ритм	0,77	0,08

После занятия дайвингом у мальчиков при выполнении факторного анализа данных ЭЭГ было выделено два фактора с суммарным накопительным вкладом в общую дисперсию признаков 79,03% (табл. 3).

Таблица 3

Матрица факторных нагрузок на показатели ЭЭГ у мальчиков после занятия дайвингом (метод главных компонент, вращение методом Varimax raw, указаны весовые нагрузки $|r| \geq 0,70$)

	Factor - 1	Factor - 2
Альфа-ритм	0,78	0,04
Бета-ритм	0,04	0,98
Тета-ритм	0,82	0,23
Дельта-ритм	0,76	-0,14

Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии 47,85%, а также высокие факторные нагрузки по переменным: альфа-ритм ($r=0,78$), тета-ритм ($r=0,82$), дельта-ритм ($r=0,76$). Данный фактор можно интерпретировать как когнитивный. Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии составил 25,24%. В этот фактор вошла переменная – бета-ритм ($r=0,98$). Фактор, составленный из переменных второй группы, можно считать важным для непосредственной оценки внимания и умственного напряжения (фактор внимания).

После занятия дайвингом у девочек при выполнении факторного анализа данных ЭЭГ были выделены две главные компоненты (фактора) с суммарным накопительным вкладом в общую дисперсию признаков 69,02% (табл. 4).

Таблица 4

Матрица факторных нагрузок на показатели ЭЭГ у девочек после занятия дайвингом (метод главных компонент, вращение методом Varimax raw, указаны весовые нагрузки $|r| \geq 0,70$)

	Factor - 1	Factor - 2
Альфа-ритм	0,83	0,13
Бета-ритм	0,42	-0,72
Тета-ритм	0,39	0,78
Дельта-ритм	-0,66	0,12

Первый фактор имел процентный вклад от общей дисперсии 36,80%, а также высокие факторные нагрузки по одной переменной – альфа-ритм ($r=0,83$). Данный фактор можно интерпретировать как фактор первичной сенсорной обработки информации. Процентный вклад второго фактора от общей дисперсии составил 29,22%. В этот фактор вошли переменные: бета-ритм ($r=-0,72$), тета-ритм ($r=0,78$). Этот фактор может охарактеризовать степень концентрации внимания на каком-либо объекте.

Известно, что альфа-ритм характеризует важные аспекты обработки информации в головном мозге, он связан с первичной обработкой сенсорной информации, регуляцией поведенческих актов и процессов памяти. Бета-ритм коррелирует с сознательной концентрацией внимания на каком-либо внешнем объекте. Он наблюдается при активном состоянии бодрствующего человека, при умственном напряжении и во время решения задач. Увеличение мощности тета-ритма в норме регистрируется в процессе выполнения когнитивных задач, при решении заданий, при длительном поддержании внимания. Данный ритм отражает процесс запоминания, а также извлечения следов памяти [3]. В настоящее время доказано, что тета- и дельта-ритмы регистрируются при когнитивной деятельности здорового человека [6].

Выводы

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что метод факторного анализа показателей ЭЭГ юных дайверов позволил выделить два фактора. Так, у мальчиков, как до, так и после дайвинга первый фактор (когнитивный) включал в себя три составляющие: альфа-, тета- и дельта-ритмы. Второй по значимости фактор (фактор внимания) включал в себя одну переменную: бета-ритм.

У девочек до дайвинга первый фактор (когнитивный) включал в себя две составляющие: тета- и дельта-ритмы. Второй по значимости фактор (фактор первичной обработки сенсорной информации) включал в себя одну переменную – альфа-ритм. После подводного погружения произошли изменения в факторной структуре ЭЭГ. Так, первый фактор (фактор первичной обработки сенсорной информации) включал в себя одну составляющую – альфа-ритм, а второй по значимости фактор (фактор внимания) включал в себя две переменных: бета- и тета-ритмы.

Результаты факторного анализа свидетельствуют о перспективности применения показателей биоэлектрической активности головного мозга для дифференциальной диагностики ряда функциональных состояний человека, возникающих при занятиях дайвингом.

Список литературы

1. Аикин В.А., Елохова Ю.А., Поддубный С.К. Особенности альфа-ритма головного мозга у подростков занимающихся дайвингом // Омский научный вестник. – 2012. - №2(114). – С. 92-96.
2. Аикин В.А., Елохова Ю.А., Поддубный С.К., Голубкова С.И. Изменение биоэлектрической активности головного мозга в тета- и дельта-диапазонах у юных дайверов

// Современные проблемы науки и образования. – 2013. - № 4; URL: <http://www.science-education.ru/110-9563> (дата обращения: 20.12.2013).

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

4. Гольдяпин В.В., Шовин В.А. Косоугольная факторная модель артериальной гипертензии первой стадии // Вестник Омского университета. – 2010. - № 4. – С. 120-128.

5. Иберла К. Факторный анализ / пер. с нем. В.М. Ивановой; предисл. А.М. Дуброва. – М.: Статистика, 1980. – 398 с.

6. Полунина А.Г., Лефтерова Н.П., Бегачев А.В. Изменение спектральных показателей ЭЭГ у здоровых при повторном обследовании с двухнедельным интервалом // Неврология и психиатрия. – 2011. - № 2. – С. 64-71.

7. Следков А.Ю., Довгуша В.В. Особенности функционирования организма человека в гипербарической среде. – СПб., 2003. – 152 с.

8. Chenot J.-F., Simmenroth-Nayda A. Die Tauchtauglichkeitsuntersuchung für Sporttaucher // Zeitschrift für Allgemeinmedizin. – 2007. - № 10. – P. 417–426.

Рецензенты:

Чернышев А.К., д.м.н., профессор кафедры «Детской хирургии», государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Омская государственная медицинская академия», министерство здравоохранения Российской Федерации, г. Омск.

Бочарников Е.С., д.м.н., профессор, кафедры «Детской хирургии» государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Омская государственная медицинская академия» министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Омск.