

УДК [612.82:616-008.61]-053.5(045)

ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОЭНЕРГОМЕТАБОЛИЗМА У ГИПЕРАКТИВНЫХ ДЕТЕЙ 7–11 ЛЕТ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ПОВЕДЕНЧЕСКОМ РЕАГИРОВАНИИ

¹Старцева Л.Ф., ¹Панков М.Н., ²Пушкарева И.Н.¹ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,
Архангельск, e-mail: l.starceva@narfu.ru;²ФГБОУ ВПО «Уральский государственный педагогический университет»,
Екатеринбург, e-mail: inna.ru.80@mail.ru

В работе представлены результаты изучения нейроэнергометаболизма у детей с гиперактивностью при различном поведенческом реагировании. В исследовании приняли участие 91 ребенок в возрасте 7–11 лет, которые, исходя из особенностей стереотипности выбора, были разделены на две группы. Использованы компьютерный комплекс КПФК-99 «Психомат» и аппаратно-программный диагностический комплекс Нейроэнергоскоп «Нейро-КМ». Полученные результаты показали, что в первой группе у детей снижена активность фронтальных и стволовых структур, повышена активность левой височной зоны со снижением взаимосвязей отделов мозга и отсутствием межполушарного доминирования. Во второй группе у учащихся повышен уровень постоянных потенциалов головного мозга в стволовых структурах и правой височной области с одновременным снижением энергозатрат затылочной зоны, отмечена отрицательная динамика структурно-функциональной организации мозга; уровень постоянных потенциалов отражает механизмы принятия решения детьми в различных средах.

Ключевые слова: нейроэнергометаболизм, гиперактивность, синдром дефицита внимания с гиперактивностью, дети, поведенческое реагирование

FEATURES OF NEUROENERGOMETABOLISM IN HYPERACTIVE CHILDREN AGED 7–11 YEARS UNDER VARIOUS BEHAVIORAL RESPONSES

¹Starceva L.F., ¹Pankov M.N., ²Pushkareva I.N.¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk,
e-mail: l.starceva@narfu.ru²Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, e-mail: inna.ru.80@mail.ru

The results of the study of neuroenergometabolism in children with hyperactivity under various behavioral responses were presented. A group of 91 children aged 7–11 years participated in this study. They were divided in two groups by features of stereotypical choice. The computer complex CPFC-99 «Psihomat» and the diagnostic complex Neuroenergokartograf «Neuro-KM» were used. In the first group of children were suggested reduced activity of frontal and stem structures, increased activity of left temporal area with decreasing of interrelations in brain regions and absence of hemispheric dominance. In the second group of children were suggested increased level of brain constant potentials in stem structures and right temporal area with simultaneously reducing of power consumption in occipital area, negative dynamic of structural and functional organization of brain. The level of brain constant potentials represents mechanisms of making decisions in children in different environments.

Keywords: neuroenergometabolism, hyperactivity, attention deficit hyperactivity disorder, children, behavioral response

Гиперактивность является одним из наиболее частых симптомов синдрома дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ), который относится к эмоциональным и поведенческим расстройствам [3]. Как правило, у гиперактивных детей возникают трудности при планировании и распределении времени при организации собственной деятельности. Недостаточное развитие механизмов концентрации и распределения внимания, аналитико-синтетических процессов, несформированная самооценка, а также слабость зрительных следов у детей младшего школьного возраста определяют инертность перестройки стратегии выбора и трудности в усвоении внутренней взаимосвязи последовательности стимулов [2, 6, 10].

СДВГ – нейробиологическое расстройство, одним из главных патогенетических механизмов которого являются нейрофизиологические нарушения. Среди этих нарушений ведущую роль, по нашему мнению, может играть фактор энергетического состояния головного мозга. Косвенная оценка энергетического метаболизма мозга проводится путем регистрации постоянных потенциалов головного мозга [4]. Уровень постоянных потенциалов (УПП) головного мозга – это медленно меняющийся, устойчивый потенциал милливольтного диапазона, являющийся одним из видов сверхмедленных физиологических процессов (СМФП) головного мозга [1, 8].

Важнейшим этапом мыслительной деятельности человека является поведенческое реагирование в различных средах. Стадия принятия решения формирует физиологический аппарат предвидения результатов, удовлетворяющих доминирующую потребность организма. В неопределенной ситуации поведенческое реагирование невозможно без значительного установочного потенциала и элемента вероятности и связано с усиленным вовлечением когнитивных процессов. Одной из важнейших задач процесса принятия решений в организационной деятельности является наличие адекватной информации, знаний и возможностей, что способствует минимизации ошибок при выборе целей и средств их реализации. По принципу доминирования, открытого А.А. Ухтомским, строится взаимодействие разных функциональных систем на уровне головного мозга [7]. В организации системных функций мозга ведущую роль играют взаимодействия доминирующих мотиваций с соответствующим подкреплением [9]. По мере неоднократных подкреплений, регулярная активность у нейронов головного мозга, исходно включенных в доминирующую мотивацию, начинает опережающе проявляться на действие условных сигналов [5].

Целью данного исследования было выявление особенностей нейроэнергометаболизма у гиперактивных детей при различном поведенческом реагировании.

Материалы и методы исследования

В исследовании принимали участие дети обоего пола в возрасте 7–11 лет, обучающиеся в общеобразовательных школах г. Архангельска в количестве 91 человека с проявлениями различной степени выраженности гиперактивности. Для изучения стратегии принятия решений применялся компьютерный комплекс для психофизиологических исследований КПФК-99 «Психомат». Поскольку режим «свободный выбор» позволяет выделить такую форму поведения, которая свободна от влияния на неё каких-либо внешних факторов и определяется только внутренними механизмами целого организма [13], поэтому, исходя из особенностей стереотипности выбора в данном режиме, были выделены две группы школьников. В первую группу вошли гиперактивные дети, у которых вероятность выбора правой и левой кнопки составила 50% (со стереотипностью выбора) в количестве 40 человек, вторую группу составили дети с СДВГ, которые отдавали предпочтение какой-либо одной кнопке – правой или левой (без стереотипности выбора) численностью 51 человек.

Исследование проводилось в режимах «Свободный выбор», «Вероятностный выбор» и «Управляемый выбор». В режиме «Свободный выбор» предлагалось в произвольном порядке нажимать на левую и правую кнопки, не отдавая предпочтения ни одной из них и не проявляя стереотипных комбинаций последовательного нажатия, то есть осуществлялся

свободный генерированный паттерн реакций. В режиме «Вероятностный выбор» предлагалось предсказать последовательность чередования стимулов, каждый раз угадывая, какая из двух кнопок (правая или левая) загорится при следующем предъявлении. Использовалась стохастическая последовательность стимулов, при которой у испытуемого появляется интуитивное ощущение принципиальной возможности успешного («поощряемого») принятия решения. При каждом нажатии испытуемый получал подтверждение своего выбора, если его ответ совпадал с «предполагаемым» в последовательности (ситуация успеха), или опровержение своего выбора в случае неправильного ответа (ситуация неуспеха). В качестве детерминантов выступают сигналы правильности и ошибочности выбора, то есть «подкрепляющие» и «неподкрепляющие» стимулы, сигналы внешней среды (световой стимул). Данные условия проведения исследования дают возможность изучить мотивационный компонент процесса вероятностного обучения, то есть стратегии поведения испытуемого в ситуации успеха и неуспеха, анализ которых проводился по показателям повторных выборов левой и правой кнопки (%).

В режиме «Управляемый выбор» предлагалось быстро и без ошибок реагировать на предъявляемый световой стимул, который включается на левой или правой кнопке в определённой последовательности. Эта задача требует от испытуемого усвоения тестовой последовательности стимулов и необходимости быстрого переключения с одних стереотипов принятия решения на другие. Изучались динамические показатели оперативности принятия решения: время ответа, время повторного нажатия на одну и ту же кнопку при успехе, время смены кнопки при успехе (мс).

Для оценки энергетического состояния головного мозга детей при различных стратегиях поведенческого реагирования применялся аппаратно-программный комплекс «Нейроэнергокартограф «Нейро-КМ», оценивающий уровень постоянных потенциалов головного мозга. УПП головного мозга регистрировался монополярно с помощью неполяризуемых хлорсеребряных чашечковых электродов «ЕЕ-С2» (активные) и «ЭВЛ-1-М4» (референтный) и усилителя постоянного тока с входным сопротивлением 10 МОм. До наложения электродов на голову испытуемого производилось их предварительное тестирование в физиологическом растворе, при котором измерялась разность потенциалов и сопротивление между электродами в отсутствии биологического объекта, разность потенциалов между электродами не превышала 20 мВ, а межэлектродное сопротивление 15–20 кОм. Дрейф электродного потенциала не превышал 1–2 мВ за 10 минут. Затем референтный электрод располагали на запястье правой руки, активные – вдоль сагиттальной линии – в лобной, центральной, затылочной областях, а также в правом и левом височных отделах (точки Fz, Cz, Oz, Td, Ts по международной системе «10–20%»).

Регистрация УПП у испытуемого осуществлялась через 5–7 минут после наложения на точки введения электродов с контактными тампонами, смоченными гипертоническим (30%) раствором NaCl, благодаря которому происходило снижение кожного сопротивления до 1–2 кОм, уменьшалась величина кожных потенциалов, а также блокировалась кожно-гальваническая реакция. За указанное время происходят переходные электрохимические процессы

в коже, исчезают трибоэлектрические явления. При экспериментальном измерении, длительность которого составляла 15 минут, осуществлялся постоянный контроль значений кожного сопротивления в местах отведения УПП, которое не превышало 30 кОм. Информацию об истинном значении уровня постоянных потенциалов головного мозга получали благодаря автоматическому вычитанию из суммарных регистрируемых значений потенциалов межэлектродной разности потенциалов.

Анализ УПП производился путем картирования полученных с помощью монополярного измерения значений УПП и расчета отклонений уровня постоянных потенциалов в каждом из отведений от средних значений, зарегистрированных по всем областям головы, при котором появляется возможность оценки локальных значений УПП в каждой из областей с исключением влияний, идущих от референтного электрода. Полученные характеристики распределения уровня постоянных потенциалов головного мозга сравнивались со среднестатистическими нормативными значениями для определенных возрастных периодов, встроенных в программное обеспечение комплекса «Нейроэнергокартограф».

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью пакета статистических программ SPSS 21.0. Подчинение количественных данных закону нормального распределения оценивалось с помощью критерия Shapiro-Wilk, который показал, что распределение являлось нормальным ($p > 0,05$), поэтому для выявления различий между показателями, соответствующими критериям нормальности, использовали t-критерий Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

При изучении стратегий поведенческого реагирования в режиме «Управляемый выбор» были выявлены различия между показателями в первой и второй группах.

Общее число ошибок у детей 2-й группы было выше, чем у детей 1-й группы. Также наблюдалось большее число ошибок, чем у детей первой группы при подаче правого и левого стимула, при повторе и смене стимула. Таким образом, у детей со склонностью к стереотипности в неопределенной среде показатели, указывающие на точность выполнения, были выше, чем в группе без стереотипности выбора. Однако дети обеих групп показали низкий уровень и сложность переключения внимания, на что указывает большое число ошибок при смене направления стимула.

Отмечена быстрая реакция при повторе предыдущей реакции учащимися обеих групп, причем дети первой группы выполняли это значительно быстрее, чем дети второй группы.

Анализ показателей оперативности поведенческого реагирования в группах выявил, что процессы анализа и синтеза протекали более энергично в группе со склонностью к стереотипности в неопределенной среде. Дети со стереотипностью

выбора быстрее совершали последующий выбор смены и повтора в ситуации успеха и неуспеха.

Таким образом, учащиеся первой группы допускали меньшее число ошибок, что может указывать на лучшее регулирование мотиваций по сравнению с детьми второй группы. В ситуации неуспеха школьники обеих групп реагировали быстрее, чем в ситуации успеха. Дети не продумывали ответ и не изменяли стратегию поведения, т.к. не осознавали, что их выбор не приводит к успеху.

Изучая особенности поведенческого реагирования в режиме «Вероятностный выбор» было выявлено, что у детей 2-й группы показатель вероятности выбора левой и правой кнопок, вероятность повтора диалогового выбора правой и левой кнопок и повторного выбора правой и левой кнопок на фоне успеха был выше, чем у детей 1-й группы. Однако в группе детей со стереотипией поведения чаще встречалась смена диалоговых левой и правой кнопок.

Успешность выполнения задания в режиме тестирования «Вероятностный выбор» особенно зависит от многократного подкрепления на структурах акцептора результата действия запечатленной информации о параметрах подкрепляющих воздействий, о путях и средствах их достижения. Выявлено, что дети второй группы чаще совершали повторный выбор кнопки в ситуации успеха, т.е. положительное подкрепление определяет поведенческое реагирование детей 2-й группы. Школьники первой группы реже по сравнению со второй группой повторяли предыдущий выбор на фоне успеха, что может указывать на меньшую старательность, импульсивность в принятии решений, и конечном итоге отражается на возможности совершать больше ошибок по сравнению с детьми второй группы.

Было обнаружено, что дети 1-й группы на выполнение теста тратят меньше времени, чем дети 2-й группы. Анализируя время смены при успехе и время смены при ошибке выявлено, что учащиеся 1-й группы тратили больше времени повтора на фоне успеха и на фоне неуспеха.

Таким образом, неадекватное поведенческое реагирование в режиме «Вероятностный выбор» у детей со стереотипностью поведения в неопределенной среде указывает на их инертность и малую заинтересованность к хорошим результатам.

Показанные особенности поведенческого реагирования у детей со склонностью к стереотипии выбора по сравнению со сверстниками без стереотипии указывают, что у них возникают трудности с концентрацией и распределением внимания, они

недостаточно быстро переключают внимание с одного вида деятельности на другой, у детей страдает оперативная память.

Выявленное распределение УПП головного мозга учащихся с различными стратегиями поведенческого реагирования, указывает на снижение суммарных энергозатрат мозга на 6,9%, у детей со стереотипностью принятия решений в отличие от детей без стереотипности, что отражается и во всех монополярных значениях УПП по отведениям.

Повышенные значения УПП в центральной, правой височной области у школьников со стереотипностью принятия решений (1-я группа) свидетельствуют о наличии нарушений в эмоциональной сфере. Выявленная особенность, возможно, объясняет неадекватную стратегию поведения в режиме «Вероятностный выбор» у гиперактивных детей со стереотипией. Показатели, характеризующие межполушарную асимметрию энергозатрат, имели положительное значение, что свидетельствует о преобладании у детей данной группы правополушарной активности.

Показатель межполушарной асимметрии у школьников без стереотипности выбора, приближен к нулю, что указывает на отсутствие доминирования какого-либо полушария.

Анализируя уровень постоянных потенциалов у детей 1-й группы в сравнении с детьми 2-й, было выявлено состояние сниженного энергообмена центральной нервной системы.

У детей 1-й группы по сравнению с детьми 2-й выявлено снижение энергообмена в затылочной области головного мозга, что оказывает негативное влияние на процессы анализа и синтеза у этих детей.

Выявленный у детей 2-й группы более напряженный энергообмен в височной зоне левого полушария, что, вместе со сниженной активностью лобных отделов мозга, может приводить к нарушению регулирования мотиваций у детей, выявленное при изучении стратегии поведенческого реагирования в режиме «Управляемый выбор». У школьников 2-й группы наблюдается снижение взаимосвязей отделов мозга по сравнению со сверстниками из 1-й. Эти изменения наряду с отсутствием межполушарного доминирования у детей 2 группы, возможно, обуславливают трудности выбора стратегии поведения, что приводит к затрудненной адаптации в детерминированной среде.

Заключение

В результате проведенного исследования нейроэнергометаболизма у гиперактивных детей 7-11 лет при различной стратегии принятия решений были выявлены следующие особенности:

– в группе детей со стереотипностью выбора (1 группа) уровень постоянных потенциалов головного мозга увеличен в стволовых структурах и правой височной области с одновременным снижением энергозатрат затылочной зоны, выявлена отрицательная динамика структурно-функциональной организации мозга с преобладанием правополушарной активности;

– в группе детей без стереотипности выбора (2 группа) понижена активность фронтальных и стволовых структур, повышена активность левой височной зоны со снижением взаимосвязей отделов мозга и отсутствием межполушарного доминирования.

Список литературы

1. Аладжалова Н.А. Медленные электрические процессы в головном мозге. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 240 с.
2. Ахутина Т.В. Нейропсихология индивидуальных различий детей как основа использования нейропсихологических методов в школе // 1-я Международная конференция памяти А.Р. Лурия / под ред. Е.А. Хомской, Т.В. Ахутиной. – М., 1998. – С. 201–208.
3. Грибанов А.В., Панков М.Н. Центр компетенций развития ребенка «Содействие» как научно-образовательное подразделение университета по проблеме синдрома дефицита внимания с гиперактивностью // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия «Медико-биологические науки». – 2014. – № 1. – С. 5–12.
4. Грибанов А.В., Панков М.Н., Подоплекин А.Н. Уровень постоянных потенциалов головного мозга у детей при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью // Физиология человека. – 2009. – № 6, Т. 35. – С. 43–48.
5. Грибанов А.В., Старцева Л.Ф., Иорданова Ю.А. Поведенческое реагирование детей с дефицитом внимания и гиперактивностью с различной стереотипностью выбора в детерминированных средах // Экология человека. – 2009. – № 12. – С. 34–38.
6. Интеллект детей с СДВГ: психофизиологический анализ (краткий обзор) / И.С. Депутат, А.В. Грибанов, А.Н. Нехорошкова, М.Н. Панков, Л.Ф. Старцева // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия «Медико-биологические науки». – 2013. – № 3. – С. 45–55.
7. Ухтомский А.А. Доминанта. – СПб.: Питер, 2002. – 448 с.
8. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Энергетическая физиология мозга. – М.: Антидор, 2003. – С. 136–137.
9. Denckla M.B. The role of cortical/ subcortical networks in disabilities // New developments in child neurology / ed. M.V. Perat. – Bologna, 1998. – P. 615–620.
10. Lazar J., Frank M. Frontal system dysfunction in children with ADHD and LD // J. Neuropsychiatry. – 1998. – Vol. 10, N 2. – P. 160–164.