

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ТРЕВОЖНОСТИ У ДЕТЕЙ

Грибанов А.В.¹, Панков М.Н.¹, Депутат И.С.¹, Нехорошкова А.Н.¹, Старцева Л.Ф.¹,
Кожевникова И.С.¹

¹ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Архангельск, e-mail: m.pankov@narfu.ru

Формирующийся детский организм имеет ограниченные адаптационные возможности, связанные с незрелостью функциональных систем, что не позволяет отвечать на внешнюю стимульную информацию соответствующим образом. Центральная нервная система ребенка реагирует на внешние воздействия более выразительно; кроме того, ребенок, имеющий высокую готовность реагировать по тревожному типу, наиболее уязвим к действию неблагоприятных факторов среды, так как использует значительное количество ресурсов на обработку поступающей информации и выработку ответных реакций. В настоящее время психофизиологические исследования детской тревожности немногочисленны. Тревожность ребенка, как сложный психологический и психофизиологический феномен, обязательно должна оцениваться системно, с использованием всей совокупности данных, полученных с помощью различных нейрофизиологических методов. Изменения, происходящие в центральной нервной системе, позволяют охарактеризовать нейрофизиологические процессы, лежащие в основе такого психофизиологического феномена, как тревожность. В статье рассмотрены возможности следующих нейрофизиологических методов: компьютерная электроэнцефалография, регистрация вызванных потенциалов, регистрация уровня постоянного потенциала головного мозга, оценка сенсомоторных реакций для диагностики тревожности у детей.

Ключевые слова: дети, тревожность, психоэмоциональное состояние, нейрофизиологические методы.

NEUROPHYSIOLOGICAL APPROACHES TO ANALYSIS OF ANXIETY IN CHILDREN

Gribanov A.V.¹, Pankov M.N.¹, Deputat I.S.¹, Nekhoroshkova A.N.¹, Startseva L.F.¹,
Kozhevnikova I.S.¹

¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, e-mail: m.pankov@narfu.ru

The formed children's organism has limited adaptation capabilities associated with the immaturity of functional systems. It is not possible to respond to external stimulus information accordingly. The central nervous system of the child reacts to external influences more pronounced. A child with a high willingness to respond in an alarming manner is most vulnerable to the action of adverse environmental factors. It uses a significant amount of resources to process incoming information and generate responses. Currently, studies of childhood anxiety are described quite rarely and mostly have a psychological character. Anxiety of a child, as a complex psychological and psychophysiological phenomenon, must be assessed systematically, using the entire set of data obtained using various neurophysiological methods. Changes occurring in the central nervous system allow us to characterize the neurophysiological processes underlying such a psychophysiological phenomenon as anxiety. The article discusses the possibilities of the following neurophysiological methods: computerized electroencephalography, registration of evoked potentials, registration of the level of constant potential of the brain, evaluation of sensorimotor reactions for the diagnosis of anxiety in children.

Keywords: children, anxiety, psycho-emotional state, neurophysiological methods.

В понятие «тревожность» в психологии и психофизиологии в настоящее время входят две составляющие: проявления ситуативной и личностной тревожности. Ситуативная тревожность - это реакция на ситуацию неопределенности, сопровождающаяся определенным психологическим состоянием и соматическими симптомами. Личностная тревожность представляет собой устойчивое свойство личности, проявляющееся в различных жизненных ситуациях и характеризующееся определенным постоянством.

Несмотря на то что проявления тревожности на личностном и ситуативном уровне

имеют условную и непостоянную границу, личностные и ситуативные проявления тревожности имеют единое основание. При этом ситуативный компонент отражает лабильную составляющую тревожности, а личностный компонент - постоянную составляющую [1; 2].

При тревожных эмоциональных состояниях изменяется реактивность организма, основанием для этого служит избыточная активация неспецифической ретикуло-гиппокампальной системы. Тревожность выступает как пусковой механизм, как причина повышения готовности для реагирования на преодоление опасной или потенциально опасной ситуации, путем преодоления или отступления. Активизируется информационный поиск, изменяется характер протекания вегетативных процессов (деятельность сердечно-сосудистой системы усиливается, тогда как деятельность пищеварительного тракта снижается). Кратковременное эмоционально-стрессовое реагирование, переходящее в длительное переживание состояния тревожности, может послужить основой для развития психопатологических состояний.

Таким образом, тревожные состояния активизируют физиологические реакции организма и проявляются не только на психологическом, но и на соматическом и нейроэндокринном уровнях [1].

В научной литературе в настоящее время имеется широкий спектр исследований, посвященный изменениям поведенческого реагирования, соматическим проявлениям, нейрофизиологическим особенностям при повышенной тревожности во взрослом возрасте.

Детская тревожность в контексте психофизиологии описывается достаточно редко, в основном исследования посвящены психологическому анализу [3-5].

Детский организм реагирует на внешние воздействия более ярко и затрачивает большее количество ресурсов, поскольку находится в процессе формирования функциональных систем, в отличие от взрослого организма. При этом ребенок, имеющий высокую готовность реагировать по тревожному типу, наиболее уязвим к действию неблагоприятных факторов среды, так как затрачивает большое количество усилий на обработку поступающей информации и ответные реакции. Особенно актуальной проблема тревожности становится в период поступления в школу, она становится одной из нейробиологических причин школьной дезадаптации: меняется окружающая обстановка и привычный режим, повышаются требования к произвольности и саморегуляции деятельности, возрастает интенсивность умственных и физических нагрузок [1; 2; 6].

Весьма перспективными направлениями, в силу относительной простоты и безопасности применения, надежности получаемых данных, являются нейроэнергокартирование головного мозга посредством анализа уровня постоянных

потенциалов головного мозга, электроэнцефалография, методика оценки вызванных потенциалов (ВП) P300, показатели сенсомоторной деятельности [7-9].

Компьютерная электроэнцефалография представляет собой метод нейровизуализации локальных источников ЭЭГ-активности в трехмерном пространстве. Создаваемые пространственно-временные многодипольные модели позволяют оценить динамику активности различных областей мозга при тревожности и определить их топографию, а высокое временное разрешение позволяет определить малейшие изменения функционального состояния центральной нервной системы [8; 10].

ЭЭГ-показатели являются достаточно надежными индикаторами тревожности, что подтверждается многочисленными исследованиями. Так, анализ ЭЭГ при высоком уровне личностной тревожности позволяет определить функциональные дезинтеграционные изменения лимбико-ретикулярных структур мозга, к которым относятся сглаженность межполушарной асимметрии в тета- и бета-диапазонах (эти ритмы наблюдаются преимущественно в височных отделах правого полушария), повышенная тета-активность.

Также, при данном эмоциональном состоянии, исследователи фиксируют изменения межполушарных взаимодействий во фронтальных отделах мозга, а также изменение внутрислошарных взаимодействий в височных отделах.

При высоком уровне тревожности исследователи описывают усиление бета-колебаний в латеральной и правой передней височной и префронтальной областях коры, преимущественно с правой стороны и в передних отделах. У человека с высокой тревожностью с большей степенью вероятности развивается так называемое охранительное торможение, характеризующееся большим количеством медленноволновой активности. На фоне высокого уровня активации (усиление тета-активности) у тревожных индивидов отмечается снижение энергетических резервов.

Наблюдается схожесть изменений спектральных параметров ЭЭГ у индивидуумов с тревожными и депрессивными расстройствами. В частности, отмечается общая тенденция к десинхронизации ЭЭГ. Известно, что поддержание и смена различных эмоциональных состояний происходит под влиянием многочисленных активирующих систем мозга. Эти системы, вероятно, оказывают определенное влияние на преобладание ритмов ЭЭГ и их различных комбинаций при тревожности. Такие отрицательно заряженные эмоциональные состояния, как тревога и депрессия, отличаются меньшим количеством тормозных влияний между нейронами. Угнетение корковых структур левого полушария (левой фронтальной области) связано с депрессивными расстройствами и отличается преобладанием альфа-активности в левом полушарии. При длительных тревожно-депрессивных расстройствах

наблюдается правостороннее преобладание альфа-активности и нарушения в подкорковых структурах правого полушария [8; 10].

Десинхронизация ЭЭГ также характеризует тревожные расстройства, описано увеличение бета-ритма (по мощности) и снижение представленности волн альфа-диапазона. Таким образом, можно сказать, что характеристики параметров ЭЭГ при тревожных и депрессивных расстройствах имеют большое количество сходных аспектов.

Методика вызванных потенциалов (ВП) P300 также может использоваться в оценке различных эмоциональных состояний, в том числе тревожности. Метод ВП P300 может быть использован для исследования нейрофизиологических проявлений при различных эмоциональных нарушениях, так как отражает нейросвязи между ретикулоталамическими, лимбическими структурами и корой головного мозга. ВП P300 отражает процессы, связанные с опознанием стимула, принятием решения, направленным вниманием и оперативной памятью [11; 12].

В ряде исследований изучалось влияние эмоциональных стимулов на изменение мозговой активности. Показано, что при просмотре эмоционально значимых изображений изменяется превалирование компонентного состава ВП P300 и позднего позитивного потенциала (ППП). Авторы полагают, что чувствительность компонент P300 и ППП к произвольной регуляции отражает возможности управления процессами первичной оценки мотивационной значимости эмоциогенной информации [13].

При изучении тревожности методологическая база ВП вступает в конфликт с физиологическими особенностями изменений при эмоциональном реагировании (при повторении однотипных стимулов уменьшается величина физиологического ответа) [12].

ВП имеет сложный многокомпонентный состав, интерес исследователей долгое время был сконцентрирован на средних компонентах (период 100-250 мс после стимула). В настоящее время в связи с усовершенствованием приборной базы, внедрением в обработку данных программных методов появляются более широкие возможности для анализа полученных данных.

Исследователи часто по-разному интерпретируют отдельные компоненты ВП. Пик ВП не обязательно является компонентом только лишь мозговой активности. Р. Наатанен и Т. Пиктон определяют «компонент» ВП как вклад в регистрируемую волновую форму особого генераторного процесса, в виде активации в локальной области коры мозга, возникающей в ответ на предъявление специфического сенсорного паттерна. Волны ВП могут включать в себя многие другие компоненты, которые также попадают под суммирующий электрод и записываются вместе со всеми данными.

Происхождение вызванного потенциала связывают с суммой колебаний мембранного потенциала, возбуждающего постсинаптического потенциала и трансмембранного постсинаптического потенциала, которые в свою очередь определяются взаимодействием возбуждательных и тормозных систем, локальными и общемозговыми взаимодействиями.

Состояния тревожного спектра, описанные в показателях вызванных потенциалов, не всегда подтверждают друг друга, а иногда и конфликтуют в своих выводах, однако это объяснимо большим количеством методик регистрации вызванных потенциалов, а также использованием различных вариантов стимуляционных методик [11-13].

Таким образом, на основании вышесказанного, данные об особенностях ВП при высокой тревожности помогают расширить представления о нейрофизиологических механизмах данного состояния, особенно в детском возрасте, когда головной мозг находится в процессе формирования и становления когнитивных функций. Результаты исследований вызванных потенциалов у людей с высоким уровнем тревожности подтверждают наличие изменений в процессах восприятия и обработки поступающей информации на фоне различных эмоциональных состояний.

Перспективным направлением, позволяющим объективно оценить определенные аспекты функционального состояния ЦНС, а также церебральные энергетические процессы, характеризующие функциональное состояние мозга и его физиологическую активность, является *оценка энергообмена головного мозга (нейроэнергокартирование) с помощью неинвазивной регистрации сдвига уровня постоянного потенциала (УПП) мозга* [14; 15].

Оценка производится на основе отражения посредством топографического картирования, сверхмедленных физиологических процессов милливольтного диапазона, известных в литературе как «постоянный (устойчивый, квазиустойчивый) потенциал», «стабильный потенциал», «потенциал постоянного тока», «DC-potential», «омега-потенциал». Сверхмедленный потенциал позволяет оценить энергетические затраты в различных зонах мозга, тем самым позволяя определить степень физиологической активности различных мозговых образований, в качестве звеньев, обеспечивающих такие виды деятельности, как активация внимания, произвольность, готовность к действию и другие [16].

Метод оценки церебрального энергетического обмена на основе определения картины распределения УПП отличается технологической доступностью и позволяет адекватно оценить интенсивность мозговых энергозатрат.

Нейроэнергокартирование – регистрация и анализ распределения УПП – перспективный метод биохимической нейровизуализации и оценки интенсивности церебрального энергетического метаболизма головного мозга, показывающий состояние

утилизации глюкозы мозгом: аэробного катаболизма, анаэробного гликолиза, катаболизма кетоновых тел, аминокислот. УПП интегрально отображает мембранные потенциалы нейронов, глии и гематоэнцефалического барьера. Повышение значений УПП в какой-либо области головного мозга отражает увеличение энергозатрат в этой области. Полученные в результате исследования данные сравниваются с эталонными возрастными значениями. Так, например, относительно повышенные значения УПП над доминантным полушарием соответствуют более интенсивной утилизации глюкозы. В отличие от ЭЭГ, УПП связан со стационарной системой управления нейрофизиологическими процессами [16; 17].

В ряде психофизиологических исследований, направленных на оценку энергетического состояния мозга при тревожности и агрессивности, показано, что имеются существенные различия в энергообеспечении работы полушарий при данных состояниях. Так, при агрессивности имеется перевозбуждение коры больших полушарий, церебральные процессы энергообмена протекают чрезмерно интенсивно, а профиль распределения показателей характеризуется неравномерностью во всех отделах мозга. В связи с этим адаптация на всех уровнях происходит за счет изменения энергетических процессов мозга.

Так как сдвиги постоянного потенциала отражают процесс возбуждения в нервной системе, показатели УПП характеризуют нейроно-глиальную активность лимбической системы, результаты подобных исследований могут выступать в качестве индикаторов тревожности, а картина распределения постоянного потенциала дополняет сведения о нейрофизиологических особенностях состояния тревожности в детском возрасте [18; 19].

Метод регистрации сенсомоторных реакций, как наиболее объективных показателей индивидуальных различий психофизиологических функций, в современных научных исследованиях широко применяется для определения нейродинамических свойств ЦНС, типов поведенческого реагирования, а также эмоционально-личностных особенностей, как в разных возрастных группах [20; 21].

Понятие «сенсомоторные реакции» включает в себя следующую психофизиологическую категорию – «время проявления и регистрации простых и сложных сенсомоторных реакций», или «время реакции» - которая характеризует интервал времени между появлением сигнала и ответной реакцией. В свою очередь, время сенсомоторной реакции складывается из двух периодов – латентного и моторного. Латентный период времени реакции включает в себя время поступления сенсорной информации, время центральных процессов и время прохождения импульса по нисходящим путям к соответствующим мышцам. Латентный период связан с модальностью стимула. Моторный период времени реакции находится в прямой зависимости от быстроты возбуждения мышц. Он определяется как время непосредственной реализации движения в пространстве. Анализ

латентного и моторного компонентов времени реакции позволяет оценить нарастание нервно-психического утомления, особенности процесса внимания, мотивационные составляющие личности [22].

Оценка сенсомоторных реакций позволяет дополнить нейрофизиологические характеристики тревожности в детском возрасте. В ряде исследований установлено, что при высокой тревожности изменяются количественные и качественные характеристики сенсомоторной деятельности: у детей уменьшается время реакции в простых и сложных зрительно-моторных реакциях, с увеличением количества ошибок. Полученные данные объясняются тем, что повышенная тревожность приводит к снижению процессов торможения сенсорного потока и к формированию состояния перевозбуждения в ЦНС, и, как следствие, изменяются свойства направленного внимания – снижается концентрация, устойчивость во времени и избирательность [22-24].

Таким образом, изучение детской тревожности, как сложного многофункционального феномена, необходимо осуществлять с позиций нескольких научных парадигм. Исследование тревожности должно основываться на использовании совокупности данных, полученных с помощью различных нейрофизиологических методов, что позволяет комплексно анализировать проявления тревожности у детей на разных уровнях центральной нервной системы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и правительства Архангельской области в рамках научного проекта № 18-415-292004.

Список литературы

1. Вербицкий Е.В. Психофизиология тревожности. Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 2003. 192 с.
2. Прихожан А.М. Тревожность у детей и подростков: психологическая природа и возрастная динамика. Воронеж: НПО «МОДЕК», 2007. 304 с.
3. Murray L., Creswell C., Cooper P. The development of anxiety disorders in childhood: an integrative review. *Psychological Medicine*. 2009. Vol. 39 (9). P. 1413–1423.
4. Ивахова С.В. Тревожный ребенок. Как помочь дошкольнику управлять своим поведением // Молодой ученый. 2017. № 15. С. 578–580. [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/149/42093/> (дата обращения 12.11.2018).
5. Петров А.А. Исследование тревожности у детей младшего школьного возраста // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2015. Т. 10. С. 266–270. [Электронный ресурс]. URL: <http://e-koncept.ru/2015/95097.htm> (дата обращения 12.11.2018).
6. Бедерева Н.С., Гезалова Н.В., Шилов С.Н. Особенности нейрометаболических реакций и

активационных процессов коры головного мозга у младших школьников с различными темпераментными характеристиками в условиях школьных нагрузок // Сибирский вестник специального образования. 2013. № 1(9). С. 25–37.

7. Аракелян А.С., Долецкий А.Н. Изменение уровня постоянного биоэлектрического потенциала мозга при эмоциональных и физических нагрузках // Тезисы докладов XXII съезда Физиологического общества имени И.П. Павлова. Волгоград: Изд-во ВолгГМУ, 2013. С. 33.

8. Грибанов А.В., Кожевникова И.С., Джос Ю.С., Нехорошкова А.Н. Спонтанная и вызванная электрическая активность головного мозга при высоком уровне тревожности // Экология человека. 2013. №1. С. 39-47.

9. Миронов Н.П., Соколова Л.П., Борисова Ю.В. Нейроэнергокартирование. Оценка функционального состояния мозга при когнитивных нарушениях различной этиологии // Вестник МЕДСИ. 2010. № 8. С. 32–37.

10. Киренская А.В. ЭЭГ-исследования в биологической психиатрии: основные направления и перспективы // Российский психиатрический журнал. 2006. № 6. С. 19–27.

11. Окнина Л.Б., Кузнецова О.А., Ениколопова Е.В. Временные особенности включения дипольных источников P300 акустического вызванного потенциала при решении задач разной степени сложности // Физиология человека. 2009. Т. 35, № 5. С. 5–12.

12. Алешина Е.Д. Когнитивный вызванный потенциал P300: методика, опыт применения, клиническое значение // Журнал неврологии и психиатрии. 2009. № 8. С. 77–83.

13. Рева Н.В., Павлов С.В., Коренек В.В., Локтев К.В., Тумялис А.В., Брак И.В., Афтанас Л.И. Регуляция положительных и отрицательных эмоций у человека: исследование вызванных потенциалов головного мозга // Российский физиологический журнал. 2015. № 1. С. 114–122.

14. Клименко Л.Л., Турна А.А., Савостина М.С., Баскаков И.С. Уровень постоянного потенциала головного мозга при ишемическом инсульте // Нейронаука для медицины и психологии: 9-й Международный междисциплинарный конгресс. Судак, Крым, Украина (3-13 июня 2013 г.). Труды / Под ред. Е.В. Лосевой, А.В. Крючковой, Н.А. Логиновой. М.: МАКС Пресс, 2013. С. 385.

15. Khader P. Slow Brain Potentials Reveal the Neural Dynamics of Cognitive Functions. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mendeley.com/profiles/patrick-khader/> (дата обращения 04.06.2015).

16. Murik S. The use of DC/EEG to estimate functional and metabolic state of nervous tissue of the brain at hyper- and hypoventilation. World Journal of Neuroscience. 2012. No 2. P. 172–182.

17. Шмырев В.И., Витько Н.К., Миронов Н.П., Соколова Л.П., Борисова Ю.В., Фокин В.Ф.,

Пономарева Н.В. Нейроэнергокартирование – высокоинформативный метод оценки функционального состояния мозга. Данные нейроэнергокартирования при когнитивных нарушениях и снижении умственной работоспособности: Методические рекомендации. М., 2010. 21 с.

18. Джос Ю.С., Нехорошкова А.Н., Грибанов А.В. Особенности электроэнцефалограммы и распределения уровня постоянного потенциала головного мозга у детей-северян младшего школьного возраста // Экология человека. 2014. № 12. С. 15–20.

19. Фокин В.Ф., Пономарёва Н.В. Энергетическая физиология мозга. М.: Антидор, 2003. 288 с.

20. Канжина Н.Н. Психофизиологическая характеристика аудиомоторных реакций у детей 7–11 лет с низким уровнем произвольного внимания и повышенной тревожностью: автореф. дис. ...канд. биол. наук. Архангельск, 2010. 19 с.

21. Криволапчук И.А. Психофизиологические показатели у детей 6–8 лет при информационной нагрузке в зависимости от тревожности как устойчивой индивидуальной характеристики // Физиология человека. 2006. Т. 32. № 6. С. 13–21.

22. Caeyenberghs K., van D. Roon, Smits-Engelsman B. Static and dynamic visuomotor task performance in children with acquired brain injury: predictive control deficits under increased temporal pressure. J Head Trauma Rehabil. 2009. Vol. 24 (5). P. 363–73.

23. Нехорошкова А.Н., Грибанов А.В., Депутат И.С. Очерки психофизиологии деятельности тревожных детей / Сев. (Арктич.) федер. ун-т имени М.В. Ломоносова. Архангельск: ИД САФУ, 2014. 142 с.

24. Герасимова О.Ю. Гендерные особенности сенсомоторных реакций у старших дошкольников с нормальным уровнем интеллектуального развития // Вестник ЮУрГУ. Серия «Психология». 2016. Т. 9. № 2. С. 91–96.