

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АМПЛИТУДЫ РИТМОВ ЭЭГ ЧЕЛОВЕКА НА ФОНЕ АУТОХРОНОМЕТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ*

Анотация. Выявлено сходство амплитудного роста медленноволнового спектра ЭЭГ детей и пожилых людей в ответ на аутохронометрию. У взрослых субъектов на фоне аутохронометрической нагрузки амплитуда ритмов ЭЭГ, наоборот, уменьшалась.

Ключевые слова: аутохронометрия, амплитуда, онтогенез, электроэнцефалограмма, альфа-ритм, бета-ритм, тета-ритм, дельта-ритм.

Аутохронометрия человека лежит в основе чувства временной пунктуальности, необходимого для успеха и результативности большинства видов деятельности, требующих разнообразных проявлений рассудочного и эмоционального характера [3-8; 16]. Кроме того, внутренний отсчет времени условно-рефлекторного происхождения имеет непосредственное отношение к процессам обучения, памяти, познавательной активности, поэтому возможность проследить за его нормальным становлением в онтогенезе, тем более - в нейрофизиологическом аспекте, приобретает особую значимость [1]. В предыдущих наших исследованиях выявлено увеличение аутохронометрической точности по ходу онтогенеза от детского до пожилого возраста, однако в подростковом периоде обнаружено противоречие плавной возрастной тенденции [19] в виде резкого обострения аутохронометрической точности, превышающей таковую даже в последующие периоды онтогенеза [14]. Позже продемонстрировано уменьшение амплитуды ритмов ЭЭГ человека в такой же онтогенетической последовательности [9; 13]. Показано, что степень падения амплитуды с возрастом усиливается в ряду «бета – альфа – тета - дельта» и проявляет себя больше справа, чем слева. Соответственно, возник вопрос о характере возрастных изменений амплитуды ритмов ЭЭГ человека на фоне аутохронометрической нагрузки. С целью его разрешения было проведено настоящее исследование, которое представлялось важным и для практической медицины, учитывая, что аутохронометрические пробы в состоянии купировать функциональные проявления ряда церебральных патологий [10].

Обследовано 140 относительно здоровых (без жалоб) человек в возрасте от 3 до 72 лет, обоего пола, правши. Испытуемые были распределены по группам в соответствии с возрастной периодизацией ВОЗ: детство – 31 человек, подростковый возраст – 15 человек, юношеский возраст – 24 человека, зрелый возраст (1 период) – 25 человек, зрелый возраст (2 период) – 25 человек, пожилой возраст – 20 человек. У каждого из них на 21-канальном цифровом электроэнцефалографе «Нейрон – Спектр – 4/ВП» компании Нейрософт (г.Иваново) были зарегистрированы альфа-, бета-, тета- и дельта-волны ЭЭГ в состоянии покоя (эпоха «Фоновая запись» служила контролем) и на фоне аутохронометрической нагрузки (эпоха «Проба пользователя. Аутохронометрия»). Для моделирования аутохронометрии испытуемому предлагалось по команде экспериментатора отсчитать «про себя» индивидуальную минуту (ИМ) и дать сигнал об окончании отсчета. Измерялась аутохронометрическая точность в виде субъективного искажения ИМ, измеряемого в десятых долях в секунды. Эпохи ЭЭГ подвергались визуальному нейрофизиологическому анализу и компьютерной обработке. Оценивались следующие нейродинамические

* © Водолажский Г.И.

Исследование проведено в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 - 2013 годы (Проект П 1251).

параметры: амплитуда всей ЭЭГ без учета отдельных ритмов по отведениям (21 отведение, максимальная, средняя величины), мкВ; амплитуда каждого ритма (дельта-, тета-, альфа-, бетаН - низкочастотного, бетаВ - высокочастотного) по каждому отведению (максимальная, средняя), мкВ; амплитуда спектров по отведениям (максимальная, средняя, полная), мкВ/с; амплитуда спектров каждого ритма (дельта-, тета-, альфа-, бетаН, бетаВ) по каждому отведению (максимальная, средняя, полная), мкВ/с. Так, у каждого из 140 испытуемых зарегистрировано как минимум 630 параметров. Затем обе эпохи («Фоновая запись» и «Проба пользователя. Аутохронометрия») сопоставлялись между собой с помощью t-критерия, а также визуально традиционными методами индивидуальной оценки ЭЭГ, принятыми в клинической нейрофизиологии [18,20].

Возрастная динамика аутохронометрической точности от детского до пожилого возраста - в целом прогрессивная, однако с обострением у подростков – снова [14] воспроизводилась. В контрольной эпохе ЭЭГ «Фоновая запись» повторно [9,13] зарегистрировано падение амплитуды церебральных ритмов с возрастом. Эпоха ЭЭГ «Аутохронометрия» сопровождалась следующими возрастными изменениями.

У детей отсчет ИМ повышал усредненные показатели амплитуды ритмов ЭЭГ по сравнению с показателями фоновой записи. Причем наиболее ярко эта тенденция выражалась в центральных теменных и левых лобных отведениях при анализе полной амплитуды спектра дельта-активности: PzA1 $108,2 \pm 9,26$ мкВ/с (фоновая запись) и $175,2 \pm 23,66$ мкВ/с (аутохронометрия), $T = 2,63$; $P < 0,01$; Fp1A1 $144 \pm 10,76$ мкВ/с (фоновая запись) и $202,1 \pm 15,18$ мкВ/с (аутохронометрия) $T = 3,22$; $P < 0,001$. А также в правых височных долях при анализе полной амплитуды спектра бета-ритма: T4A2 от $24,3 \pm 1,13$ мкВ/с (фоновая запись) до $29,8 \pm 2,04$ мкВ/с (аутохронометрия) $T = 2,39$; $P < 0,05$.

В подростковом и юношеском периодах онтогенеза внутренний отсчет ИМ достоверного влияния на амплитуду электроэнцефалографической активности не оказывал, о чем свидетельствует практическое отсутствие различий в усредненных значениях амплитуды ($P > 0,05$) всех изучаемых ритмов. В этих возрастах не наблюдалась даже сколько-нибудь заметной визуальной тенденции к росту либо уменьшению амплитудных величин.

В зрелом возрасте аутохронометрия, наоборот, уменьшала амплитуду ритмов ЭЭГ по сравнению с фоновой записью в некоторых отведениях. Например, полная амплитуда спектра дельта-ритма в первом периоде зрелости снижалась во время аутохронометрической нагрузки в отведении FpzA2 с $71,9 \pm 2,18$ мкВ/с (фон) до $58,0 \pm 1,44$ мкВ/с (аутохронометрия), $T = 5,35$; $P < 0,001$. Амплитуда тета-ритма во втором периоде зрелости в отведении C4A2 падала с $28,6 \pm 1,08$ мкВ/с (фон) до $23,8 \pm 0,89$ мкВ/с (аутохронометрия), $T = 3,42$; $P < 0,05$. Визуальная оценка показала, что амплитуда альфа- и бета-ритмов у взрослых также имеет тенденцию к уменьшению во время внутреннего отсчета времени, но различия по высокочастотной части спектра оказались статистически недостоверны.

У пожилых испытуемых сопоставление эпох «Фоновая запись» и «Проба пользователя. Аутохронометрия» с помощью t-критерия заставляло констатировать, что эндогенный отсчет ИМ достоверно не сказывается на усредненных в группе ($n=20$) амплитудных величинах ритмов ЭЭГ. Статистических различий по сравнению с контролем обнаружено не было. Однако обращали на себя внимания результаты визуального анализа электроэнцефалограммы лиц пожилого возраста. В соответствии с ними, амплитуда медленноволновых ритмов (дельта-, тета-) увеличивается под воздействием аутохронометрической пробы подобно изменениям детского возраста, а величины амплитуд высокочастотных ритмов (альфа-, бета-), напротив, уменьшаются, напоминая изменения при отсчете ИМ у людей первой и второй зрелости. Для получения традиционной (усредненной) статистической значимости явно требовалось всего лишь большее число измерений. В отличие от этого, индивидуальный подход к оценке ЭЭГ привел к следующим соображениям. В

программе используемого нами цифрового электроэнцефалографа заложена продолжительность каждой оцениваемой эпохи, равная 10,24 с, что составляло 2048 тактов. Поэтому сравнительный анализ, например, двух эпох ЭЭГ даже одного испытуемого производился исходя из огромного числа степеней свободы ($n = 2048$), так как компьютерным энцефалографом сопоставлялись показатели в каждом такте в пределах эпохи. Все это позволяет считать объективной наблюдаемую у пожилых испытуемых возрастную тенденцию к амплитудным преобразованиям диссоциированного характера в ответ на аутохронометрическую нагрузку.

Таким образом, возрастные изменения амплитуды ритмов ЭЭГ человека на фоне аутохронометрической нагрузки следующие: у детей аутохронометрия повышает величину амплитуды ритмов ЭЭГ. В подростковом и юношеском возрастах отсчет времени сколько-нибудь заметно не сказывается на данном показателе церебральной ритмики. В зрелый период жизни амплитуда ЭЭГ под воздействием аутохронометрической пробы, наоборот, падает. У пожилых людей происходит диссоциация: медленно-волновой спектр ритмов ЭЭГ реагирует на аутохронометрию увеличением своего размаха, а быстрая часть спектра, наоборот, становится более плоской. Все это, несомненно, указывает на различные психофизиологические механизмы аутохронометрии у представителей разных возрастов [14].

Весьма вероятно, установленная динамика является свидетельством того, что дети для реализации отсчета индивидуальной минуты щедро затрачивают гораздо больше избыточной церебральной энергии [2;11;12;15], чем испытуемые старших возрастов. Не раз документировано особенно энергозатратное участие правого височного отдела ребенка и в иных когнитивных пробах в нормальных условиях [2;15]. Соизмеримыми с детьми (в своем аутохронометрическом векторе) оказываются лишь пожилые субъекты [14] и, в данном случае - только относительно глубинных [17], но не поверхностных ритмов. Взрослые испытуемые, подвергаясь хронометрической нагрузке, «расплачиваются» за довольно высокую точность временного отсчета своим уже не столь избыточным биоэнергетическим ресурсом. Что касается обостренной аутохронометрической способности подростков, то она, видимо, реализуется за счет естественного для этой стадии развития повышенного анксиогенного статуса [5;14;21], а не за счет амплитудного потенциала мозга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Безруких М.М. Функциональное развитие мозга, познавательная деятельность и обучение в предшкольном и младшем школьном возрасте // Альманах «Новые исследования». – М.: Вердана, 2009. – № 2 (19). – С. 8-9.
2. Боровова А.И., Галкина Н.С., Фокин В.Ф. Роль пола и темперамента во взаимодействии показателей тревожности и уровня постоянного потенциала головного мозга с успеваемостью 11-12-летних школьников // Материалы межд. конф. «Физиология развития человека», секция 1, 2, Москва, 22-24 июня 2009 г. – М.: Вердана, 2009. – С. 12-13.
3. Водолажская М.Г. Влияние гиппокамптомии на выработку и восстановление условного рефлекса на время у крыс // Журн. высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова, 1997. – Т. 47. – Вып. 3. – С. 480-486.
4. Водолажская М.Г. Хронотропные свойства гиппокампа и других центральных пейсмейкеров при внутреннем отсчете коротких интервалов времени // Вестник СГУ. – Вып. 17., 1999. – С. 85-96.
5. Водолажская М.Г. Онтогенетическое становление способности к эндогенному отсчету времени и ее взаимосвязь с уровнем тревожности // Российский физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2000. – Т. 86. – № 6. – С. 642-655.
6. Водолажская М.Г., Арушанян Э.Б. Особенности выработки условных реакций на время в разные фазы суточного цикла // Журн. высш. нервн. деятельности. – 2000. – В. 6. – С. 1041-1045.
7. Водолажская М.Г., Бейер Э.В., Попов А.В. О функциональных взаимоотношениях супрахиазматических ядер и гиппокампа при выработке и восстановлении условного рефлекса на время у

- крыс // Российский физиол. журн. им. И.М.Сеченова. – 2000. – Т. 86. – № 4. – С. 392-402.
8. Водолажская М.Г., Крючков Н.А., Шеховцова К.В. Аутохронометрические отклонения у больных с разной локализацией церебральной патологии // Журн. неврологии и психиатрии им.С.С.Корсакова. – 2003. – Т. 103. – № 5. – С.26-33.
 9. Водолажская М.Г., Рослый И.М., Водолажский Г.И. Амплитудные онтогенетические преобразования микроциклов головного мозга // Материалы XVI-й межд. конф. «Циклы природы и общества». – Ставрополь. – С. 154-158.
 10. Водолажская М.Г., Рослый И.М., Кушакова А.В. Интеллектуальная деятельность как фактор коррекции патологии мозга // Сб. трудов научной конф. «Актуальные вопросы клинической медицины». – НИМСИ МГМСУ, 19 мая, 2005 г. – М.: Изд-во: МГМСУ, 2005. – С. 25-27.
 11. Водолажская М.Г., Рослый И.М., Водолажский Г.И. Общность физиологических и биохимических процессов на модели иерархической организации биологических ритмов. Часть 1 // Вестник восстановительной медицины. – 2006. – № 3. – С.11-19.
 12. Водолажская М.Г., Рослый И.М., Водолажский Г.И. Общность физиологических и биохимических процессов на модели иерархической организации биологических ритмов. Часть 2 // Вестник восстановительной медицины. – 2006. – № 4. – С. 22-29.
 13. Водолажская М.Г., Рослый И.М., Найманова М.Д., Водолажский Г.И. Церебральная реактивность человека по ЭЭГ к ординарным геофизическим факторам // Кубанский научный медицинский вестник, 2009. – № 1 (106). – С.14-20.
 14. Водолажский Г.И. Роль анксиогенных процессов в возрастном становлении временной пунктуальности // Физиологический журнал им. И.М.Сеченова. – 2004. – № 8. – Ч. 1. – С. 6-7.
 15. Грибанов А.В., Подоплекин А.Н., Подоплекин Д.Н. Церебральное энергообеспечение у детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности // Альманах «Новые исследования». – М.: Вердана, 2009. – № 2 (19). – С. 31-32.
 16. Коротько Г.Ф., Водолажская М.Г. Основы хронофизиологии / В кн. Физиология человека: Учебник / Под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. – М.: Медицина, 2007. – С. 626-637.
 17. Куксова Н.С. К вопросу об источниках генерации медленной активности на ЭЭГ // XX съезд Физиологического общества им. И.П.Павлова. Тезисы докладов. – М.: Издательский дом «Русский врач», 2007. – С.294.
 18. Соколовская И.Э. Особенности ЭЭГ детского возраста / В кн. Нейрофизиологические исследования в клинике. – М.: Антидор, 2001. – С. 102-114.
 19. Сонькин В.Д. На пути к физиологической теории онтогенеза человека // Альманах «Новые исследования». – М.: Вердана, 2009. – № 2 (19). – С. 13-14.
 20. Щекутьев Г.А. Нейрофизиологические исследования в клинике, НИИ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – М.: Антидор, 2001. – 233 с.
 21. Vodolazsky G., Vodolazskaya M. Autochronotropic effect of melatonin // Psychopharmacology and Biological Narcology. – № 2. – 2001. – P. 177.

G. Vodolazhsky

ONTOGENETIC PATTERNS OF MAN'S EEG-RHYTHMS AMPLITUDE DURING AUTOCHRONOMETRIA

Abstract. Increase of slow EEG-rhythms amplitude during autochronometria was shown in children and old men. On the contrary, decrease of EEG-rhythms amplitude during autochronometric test was registered in adults.

Key words: autochronometria, amplitude, ontogenesis, electroencephalogram, alpha-rhythm, beta-rhythm, theta-rhythm, delta-rhythm.