

ИЗМЕНЕНИЯ АМПЛИТУДЫ РИТМОВ ЭЭГ В ОНТОГЕНЕЗЕ ЧЕЛОВЕКА. НЕЙРОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Аннотация. Выявлено уменьшение амплитуды ритмов ЭЭГ человека по ходу онтогенеза от детского до пожилого возраста. Закономерность усиливается в ряду «бета – альфа – тета - дельта» и проявляет себя больше справа, чем слева.

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

Амплитуда любого биоритма, в том числе и ЭЭГ, является категорией функции и, как известно, характеризует выраженность процесса [3-5,8]. Аргументом здесь выступает время. Поэтому познание особенностей развития амплитудных преобразований церебральных функций в течение всей жизни человека может предоставить широкие возможности исследователю как в фундаментальном, так и в практическом отношении. Тем не менее, в нейрофизиологии разработка данной проблемы на сегодняшний день далека от завершения. Хорошо известно (а точнее, лишь замечено), что у детей ЭЭГ более высоко амплитудная по сравнению со взрослыми [1,10], а у взрослых после 50 лет могут наблюдаться возрастные изменения в организации ЭЭГ, выражающиеся в снижении биоэлектрической активности, в основном, за счет уменьшения амплитуды альфа-колебаний, иногда в сочетании с его замедлением, иногда наблюдается некоторое увеличение выраженности как быстрых, так и медленных форм активности [11]. Авторы подобных сообщений, решая иные задачи, не углубляются в природу уменьшения амплитуды основного ритма ЭЭГ с возрастом. Неизвестна также онтогенетическая динамика амплитудных величин других частотных характеристик: бета-, тета-, дельта-ритмов и т.д. Хотя не исключено, что в этом и сокрыт путь к источникам ритмов ЭЭГ, который до настоящего времени остается загадкой.

В связи со сказанным целью нашего исследования явилось изучение амплитудных изменений ритмов ЭЭГ человека и их спектров в онтогенетическом ряду и попытка расшифровки механизмов этих сдвигов. В задачи работы входило проведение сравнительного анализа связей отдельных ритмов ЭЭГ с возрастным фактором с помощью цифровых возможностей современной нейрофизиологической аппаратуры.

Использован 21-канальный цифровой электроэнцефалограф компании Нейрософт (г.Иваново) «Нейрон – Спектр – 4/ВП». Онтогенетический ряд составили 136 относительно здоровых (без жалоб) человек в возрасте от 3 до 72 лет, обоюго пола, правши. Испытуемые были распределены по группам в соответствии с общепринятой возрастной периодизацией ВОЗ: детство – 31 человек, подростковый возраст – 15 человек, юношеский возраст – 20 человек, зрелый возраст 1 период – 25 человек, зрелый возраст 2 период – 25 человек, пожилой возраст – 20 человек. У каждого из них были зарегистрированы альфа-, бета-, тета- и дельта-волны ЭЭГ в состоянии покоя. Созданы эпохи фоновой записи, которые подверглись компьютерной обработке. Оценивались следующие нейродинамические параметры ЭЭГ: амплитуда 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, бе-

таВ) по каждому отведению (максимальная, средняя, полная), мкВ/с. Так, у каждого из 136 испытуемых зарегистрировано как минимум 630 параметров.

Нейродинамические результаты подвергнуты сравнительному, математическому (корреляционному и аппроксимационному) и статистическому анализу.

Установлена стойкая тенденция к падению практически всех исследуемых амплитудных величин электроэнцефалографических ритмов по ходу онтогенеза: от детского до пожилого возраста. Данный факт в принципе совпадает с результатами, полученными другими исследователями [11], но лишь относительно основного ритма ЭЭГ. Что касается других частот церебральной ритмики, то их амплитудные преобразования по ходу онтогенеза до сих пор исследованы не были. Нами же показано уменьшение амплитуды не только альфа-, но и дельта-, тета-, бета-ритмов. Степень и крутизна такого падения различалась как между отдельными ритмами, так и между отдельными нейродинамическими показателями:

1) из всех исследуемых параметров (максимального, среднего и полного) более информативным оказался показатель-полная амплитуда спектра;

2) уменьшение полной амплитуды спектра, зарегистрированное у медленноволновых ритмов ЭЭГ - дельта и тета, – превосходило по степени и крутизне аналогичную тенденцию по альфа- и бета-волнам.

При усреднении значений в рамках отдельной возрастной группы и традиционном межгрупповом сравнении амплитудных величин по Стьюденту установлено особенно резкое уменьшение полной амплитуды спектра ритмов ЭЭГ при переходе от детского возраста к последующим периодам онтогенеза. Это отчетливое падение обнаруживалось практически во всех отведениях больших полушарий. Так, например, у детей в правом затылочном отведении (О2А2) полная амплитуда спектра дельта-ритма в среднем составляла 116,3(±15,43) мкВ/с. Уже у подростков она была существенно меньше ($P < 0,001$) и равнялась 51,2(±6,86) мкВ/с, у юношей еще меньше ($P < 0,05$, по сравнению с детьми) – 47,8(±3,95) мкВ/с. У взрослых людей эта величина составляла 38,9(±4,89) мкВ/с, а у пожилых – 34,6(±8,14) мкВ/с. Итак, при сопоставлении с детским возрастом любой другой исследуемый период онтогенеза статистически значимо отличался меньшей амплитудой. По истечении же детского периода онтогенеза между возрастными группами (подростки – юноши; юноши – взрослые; взрослые – пожилые) достоверных различий при помощи *t*-критерия выявлено не было. Однако общая тенденция к уменьшению амплитуды ЭЭГ-ритмики в восходящем онтогенезе визуально прослеживалась, хотя не столь явно. Для ее объективизации мы прибегли к более тонким методам, в частности, к проведению индивидуального анализа – корреляционного, а затем – аппроксимационного.

Корреляционный анализ выявил стабильно отрицательные достоверные связи между величинами амплитудных характеристик дельта-, тета-, альфа- и бета-ритмов ЭЭГ и возрастом испытуемых, что подтвердило описанное выше: в восходящем онтогенезе амплитуда ритмов ЭЭГ уменьшается не только от детского до подросткового периода, но и дальше-вплоть до пожилого возраста. Важно, что корреляции регистрировались в огромном массиве данных по каждому нейродинамическому параметру с $n=136$ без разбиения испытуемых на возрастные группы. Возрастной фактор учитывался не в годах, а в месяцах, и служил первым вариационным рядом; амплитудная величина нейродинамического параметра-вторым.

Сопоставление между собой пяти церебральных биоритмов показало явное преимущество крутизны падения в онтогенезе амплитуды медленно-волновой активности по сравнению с высокочастотными составляющими ЭЭГ. При этом в ряду «подростки→юноши→зрелые→пожилые» обнаруживалась отчетливая закономерность: чем чаще ритм ЭЭГ, тем слабее он связан с микростадией онтогенеза, тем «свободнее» он от возрастного

го фактора. И наоборот, с уменьшением частоты ритма ЭЭГ его обратная амплитудная зависимость от возраста усиливается. В частности, амплитудные величины дельта-волн коррелировали возрастом испытуемых чаще и теснее ($P < 0,05$), чем амплитуда тета-ритма. Вместе с тем амплитуда по тета была онтогенетически детерминирована в большей степени ($P < 0,05$) по сравнению с амплитудой основного ритма. Последняя коррелировала с возрастом более тесно, чем амплитуда бета-активности ($P < 0,05$). В количественном выражении амплитуда медленно волновых ритмов достоверно ($P < 0,05$) уменьшалась с возрастом в 47,6% случаях (для дельта) и в 42,9% случаях (для тета-ритма). Амплитуда альфа-ритма ЭЭГ обнаружила всего 28,6% отрицательных корреляций ($R < 0,05$) с возрастом, амплитуда бета-ритма была связана с онтогенетическим фактором лишь в 4,8%.

Таким образом, число корреляций амплитуды церебральных ритмов с возрастом от подросткового до пожилого периода увеличивается в ряду «бета → альфа → тета → дельта». В том случае, когда данный онтогенетический ряд начинается не с подросткового, а с детского периода, превосходство медленноволновых ритмов в их связанности с возрастным фактором обнаруживает себя еще более явно: 100% корреляций по дельта, 100% - по тета, 47,6% - по альфа и 9,5% по бетаН.

Кроме того, уменьшение амплитуды медленных волн ЭЭГ по ходу онтогенеза в значительно большей мере проявляет себя в **правом** полушарии по сравнению с левым. При этом в ряду «подростки → юноши → зрелые → пожилые» все корреляции по дельта- и тета-ритмам зарегистрированы исключительно в правом полушарии. Приводим ряд подтверждающих частных фактов.

Амплитуда дельта-активности. К примеру, в ряду от подросткового до пожилого периода онтогенеза между величиной средней амплитуды дельта-ритма ЭЭГ и возрастом в месяцах из 21 отведения достоверные отрицательные корреляционные связи зарегистрированы в заднелобном (F4; $R = -0,32$, $P < 0,05$) и передне-височном (T4; $R = -0,30$, $P < 0,05$) справа. Максимальная амплитуда по дельта обнаруживала более существенное число корреляций ($P < 0,05$) с возрастом – их было 9. Так, зарегистрирована отрицательная связь в затылочной зоне справа (O2; $R = -0,34$), в височных отделах справа (T6; T4; $R = -0,30$; 0,43 соответственно), переднецентральных (Fpz; $R = -0,33$), задне-центральных (Fz; $R = -0,39$), заднемедиальных (F4; $R = -0,42$), заднелатеральных правых лобных (F8; $R = -0,30$), центральных (Cz; $R = -0,39$, $P < 0,05$), а также в центрально-правой (C4; $R = -0,34$) области. Отсюда видно, что связь амплитуды дельта-волн с возрастом наблюдается преимущественно в **правом** полушарии. Эта же правосторонняя тенденция просматривается и при оценке амплитуды по отведениям без учета отдельных ритмов. В подтверждение этому, средняя амплитуда **спектра** дельта-ритма ЭЭГ снова отрицательно коррелировала ($P < 0,05$) с возрастом в правом медиальном лобном и правом задневисочном отделах (F4; $R = -0,32$ и T6; $R = -0,32$). И наконец, полная амплитуда **спектра** дельта-волн обнаруживала самые многочисленные заметные отрицательные корреляционные связи с возрастом ($P < 0,05$) по всем отведениям правого полушария (Fp2; $R = -0,32$; F4: $R = -0,40$; F8: $R = -0,33$; C4: $R = -0,41$; T4: $R = -0,38$; T6: $R = -0,40$; P4: $R = -0,38$; O2: $R = -0,34$), и в двух центральных зонах неокортекса: центральном лобном (Fpz; $R = -0,31$) и центральном (Cz; $R = -0,39$). Так, данный параметр - полная амплитуда спектра – стал для нас явно более информативным.

Амплитуда тета-активности. Между величиной средней амплитуды тета-ритма и возрастом в месяцах отрицательные корреляционные связи зарегистрированы ($P < 0,05$) в пяти отделах: заднелобном справа (F4; $R = -0,30$) и центральным правым (C4; $R = -0,32$) отведениях, а также в центральном лобном (Fpz; $R = -0,31$), заднем центральном лобном (Fz; $R = -0,30$) и центральном (Cz; $R = -0,48$). Максимальная амплитуда по тета обнаруживала меньшее число корреляций с возрастом – их было всего две. Зарегистрирована

отрицательная связь в центральной и центральной задней лобной зоне (Fz; $R = -0,31$, $P < 0,05$), (Cz; $R = -0,44$, $P < 0,05$). Средняя амплитуда **спектра** по тета-ритму коррелировала с возрастом ($P < 0,05$) в центральном и правом центральном отведениях (Cz; $R = -0,40$); (C4; $R = -0,31$), правых теменных отведениях (T4; $R = -0,32$); (T6; $R = -0,30$), центральном лобном (Fpz; $R = -0,31$) и правых медиальном и латеральном лобных отделах (F4; $R = -0,37$); (F8; $R = -0,32$). А наиболее информативный параметр - полная амплитуда **спектра** по тета - продемонстрировал девять заметных корреляционных связей ($P < 0,05$) между возрастом и амплитудой спектра по тета. При этом все заметные корреляции опять «концентрировались» в правом полушарии (Fpz: $R = -0,33$; Fp2: $R = -0,30$; Fz: $R = -0,30$; F4: $R = -0,38$; F8: $R = -0,30$; Cz: $R = -0,39$; C4: $R = -0,39$; T4: $R = -0,31$; T6: $R = -0,30$).

Таким образом, по сравнению с дельта-ритмом, тета-активность обнаруживает некоторое их «смещение» из правых отделов в центральную зону неокортекса. Тем не менее, акцент справа уверенно сохраняется.

Амплитуда альфа-активности. Средняя амплитуда альфа-ритма коррелировала ($P < 0,05$) с возрастом в восьми отделах: центральном (Cz; $R = -0,31$), центральном правом (C4; $R = -0,37$) и центральном левом (Cz; $R = -0,30$), а также в центральном теменном (Pz; $R = -0,48$), правом теменном (P4; $R = -0,36$), левом теменном (P3; $R = -0,48$), правом затылочном (O2; $R = -0,34$) и центральном затылочном (Oz; $R = -0,30$) отведениях. По максимальной амплитуде альфа-ритма зарегистрированы достоверные связи в центральной и центральной правой зоне (Cz; $R = -0,30$), (C4; $R = -0,31$), в правом и левом теменных (P4; $R = -0,34$), (P3; $R = -0,41$) отделах, также в правом затылочном отведении (O2; $R = -0,30$). Максимальная амплитуда **спектра** по альфа снижалась в левой и центральной теменных областях (P3; $R = -0,39$, $P < 0,05$), (Pz; $R = -0,38$, $P < 0,05$), а также в правой центральной (C4; $R = -0,30$, $P < 0,05$), средняя амплитуда **спектра** альфа-ритма уменьшалась в центральной и правой центральной области (Cz; $R = -0,38$, $P < 0,05$), (C4; $R = -0,32$, $P < 0,05$), также во всех теменных (Pz; $R = -0,49$, $P < 0,05$), (P4; $R = -0,31$, $P < 0,05$), (P3; $R = -0,31$, $P < 0,05$), центральном и правом затылочном отведениях (Oz; $R = -0,30$, $P < 0,05$), (O2; $R = -0,32$, $P < 0,05$). О снижении полной амплитуды **спектра** альфа-активности с возрастом свидетельствовали, как всегда, самые многочисленные ($P < 0,05$) отрицательные корреляции (Cz:R = $-0,32$; C4:R = $-0,33$; (P3:R = $-0,43$; Pz:R = $-0,37$; P4:R = $-0,40$; O2:R = $-0,31$). В целом, уменьшение **спектральной** амплитуды зависит от возраста в тех же отделах неокортекса, что и уменьшение амплитуды по отведениям. В пространственном отношении связь амплитуды альфа-волн с возрастом, наблюдавшаяся в центральных, височных и затылочных отведениях, «смещалась» от центра вправо и влево. Появлялась некая симметрия.

Амплитуда бета-активности. Между величиной амплитуды по отведениям бета-волн (в мкВ) и возрастом человека не было выявлено ни одной достоверной корреляции. Максимальная амплитуда **спектра** бетаН, измеряемая в мкВ/с, все же показала заметную зависимость от возраста, но лишь в двух отведениях: правом лобном медиальном (F4; $R = 0,35$, $P < 0,05$) и левом задневисочном (T5; $R = 0,32$, $P < 0,05$). Положительные R указывают на то, что амплитуда спектра бетаН именно в этих участках коры, вопреки общей тенденции, не уменьшается, а, наоборот, увеличивается по ходу онтогенеза. Средняя и полная амплитуды **спектра** бетаН сколько-нибудь существенно не коррелировали с возрастом. Тем не менее, максимальная амплитуда **спектра** бетаВ обнаружила две заметные и на сей раз отрицательные корреляции ($P < 0,05$) с возрастом в правом теменном (P4; $R = -0,30$) и центральном теменном (P4; $R = -0,31$) отделах коры больших полушарий мозга. Средняя амплитуда **спектра** бетаВ однократно была связана с возрастом в центральном затылочном отведении (Oz; $R = -0,35$). Величина полной амплитуды спектра

бетаВ тоже единожды заметно коррелировала с возрастом в левом теменном отведении (P3; $R = -0,30$).

В целом, корреляции амплитуды дельта- и тета-ритмов ЭЭГ с возрастным фактором регистрировались практически по всей исследуемой поверхности неокортекса: в лобных, височных, теменных, центральных и затылочных отделах. А высокочастотные ритмы (их амплитуды) были связаны с возрастом более локально. Так, по альфа-волнам корреляции обнаружены, в основном, в теменно-центральных участках. А по бета-ритму – во всех заднелобных проекциях, а также по медиальным сагиттальным линиям лобно-затылочного направления.

Аппроксимационный анализ уточнил характер онтогенетической динамики зарегистрированного уменьшения величины амплитуды ЭЭГ с возрастом. Очевидная на первый взгляд линейность процесса (падение показателей, начиная с детства и вплоть до пожилого возраста) была подтверждена, но далеко не для всех исследуемых ритмов, а лишь относительно высокочастотной составляющей ЭЭГ – волн альфа- и бета-диапазона (R^2 от 0,25 до 0,97, пример на рис.1). Что же касается медленных ритмов – тета и дельта – то плавное падение их амплитудных величин по ходу онтогенеза описывалась не линейным уравнением, а полиномиальной функцией регрессии типа $y = 3,7x^2 - 31,7x + 90,27$, при $R^2 = 0,82$ (пример на рис.2). Графики при этом напоминали параболу с вершиной, обращенной вниз. Направление левой и правой ветвей параболовидной линии уточняло динамику онтогенетического процесса. Со стадии детства до подросткового возраста кривые изучаемых функций, действительно, стремительно опускались. Но интересно, что наиболее низкое их расположение (именно у дельта- и тета-ритмов) приходилось на юношеский возраст и период первой половой зрелости. В дальнейшем – ко второй зрелости и к пожилому возрасту – усы графиков визуально едва заметно направлялись вверх. Плавность их вектора не давала возможность уловить существенность сдвига в амплитудах между взрослыми и пожилыми с помощью довольно грубого t -критерия Стьюдента. Зато аппроксимационный подход с весьма существенными коэффициентами детерминации (доходящими вплоть до 0,89) заставил уважать наблюдаемую тенденцию. Ведь извлечение квадратного корня из значений R^2 , то есть возврат к R – коэффициенту корреляции – позволяло получить значительно более тесные корреляции (вплоть до функциональных) по сравнению с первоначальными, заведомо линейными, что весьма убедительно повышало достоверность обнаруженной закономерности. Подчеркнем, что нелинейный характер амплитудных преобразований медленноволновых процессов на ЭЭГ, по нашему убеждению, не отменял ключевой закономерности: неуклонного падения амплитудных величин с возрастом. Он лишь обнаруживал тот онтогенетический нюанс, который, во-первых, отличал дельта- и тета- активность от альфа- и бета-ритмов ЭЭГ, а во-вторых, в перспективе открывал возможность прогнозирования особенностей церебральных процессов у глубоких стариков.

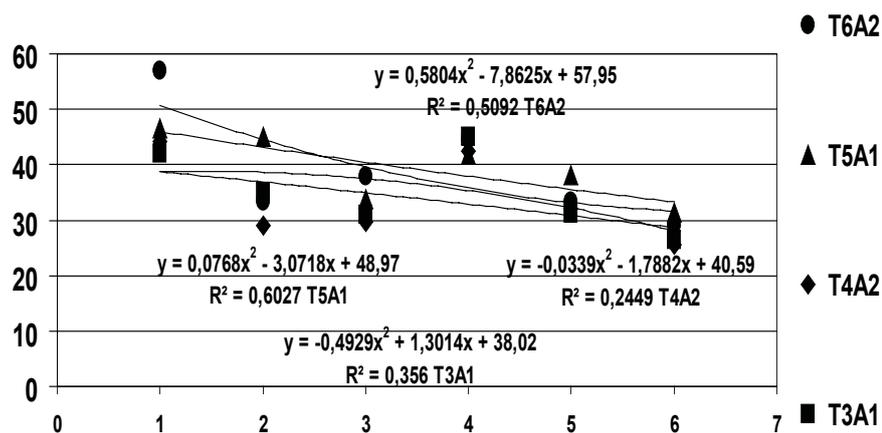


Рис. 1. Графики функций, аппроксимирующих зависимость величин полной амплитуды спектра альфа-ритма (по вертикали, мкВ/с) в височных отведениях от возраста человека (по горизонтали): 1 – детство, 2 – подростки, 3 – юноши, 4 – 1-й период зрелости, 5 – 2-й период зрелости, 6 – пожилые. Точки – усредненные ($M \pm m$) по возрастным группам амплитудные величины. R^2 – (коэффициент детерминированности, достоверность аппроксимации).

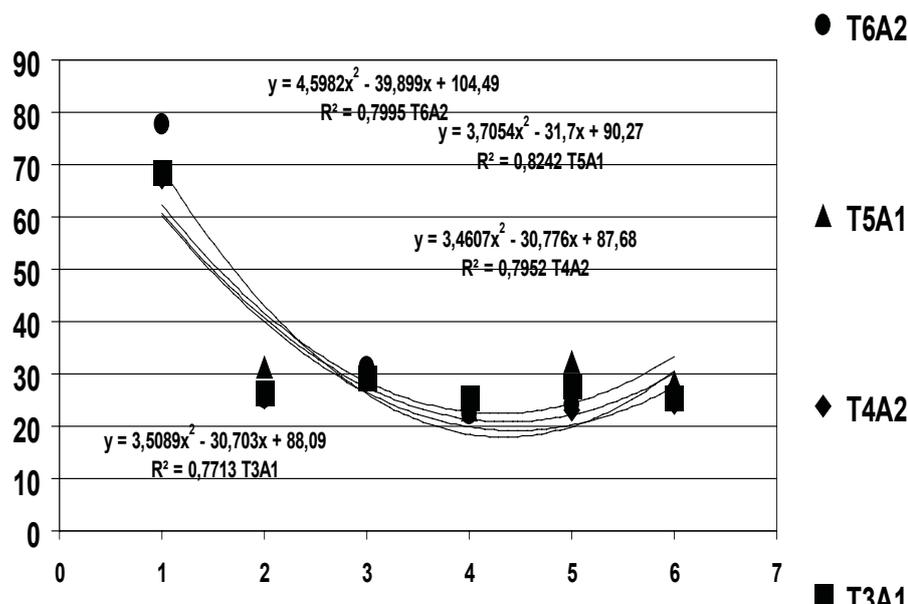


Рис. 2. Графики функций, аппроксимирующих зависимость величин полной амплитуды спектра тета-ритма (по вертикали, мкВ/с) в височных отведениях от возраста человека (по горизонтали).
Остальные обозначения – как на рис.1.

Подобный характер онтогенетической динамики амплитуды ЭЭГ, вероятно, отражает U-образный фрагмент иного, более масштабного церебрального биоритма, прогнозируемого при экстраполяции графика функции. В данной интерпретации мы солидарны с умозаключениями Thatcher R.W. [12,13], не раз упоминавшего аналогичную модель маленького мира («Small-world model») применительно к ЭЭГ. Нелинейность иных взаимосвязей в ЦНС в результате использования алгоритма вычисления фрактальной размер-

ности ЭЭГ с большим массивом данных (аналогичным нашему) и корреляции с возрастными изменениями мозга описаны и другими исследователями [2].

Таким образом, падение амплитуды церебральных ритмов с возрастом человека усиливается в ряду «бета → альфа → тета → дельта». Учитывая современные, хотя пока и не бесспорные, представления о происхождении ритмических характеристик ЭЭГ [9], допустимо предположить, что вовлеченность церебральных структур в механизм индивидуального развития мозга человека в направлении из поверхности мозга к его глубинным структурам усиливается. Довольно мощные в детстве связи функциональных проявлений медленноволновой ритмики (выражающихся в ее амплитуде) с возрастным фактором сменяются по мере взросления и старения человека на ослабленные, вероятно, указывая на естественное возрастное истощение запаса жизненной энергии. Ведь амплитуда волн ЭЭГ есть выражение функционального состояния его отделов, своеобразный заряд, подобный аккумулятору, чему в настоящее время уже имеется убедительное биохимическое обоснование [3-5]. Вероятно, под воздействием процессов старения этот заряд ослабевает, что и выражается в уменьшении амплитуды волн ЭЭГ. Судя по полученным данным, уменьшение амплитуды сильнее в правом полушарии по сравнению с левым. Правое полушарие - филогенетически более древнее [6], менее вербальное [7]. Здесь быстрее кончается заряд?

ЛИТЕРАТУРА

1. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология: (Физиология развития ребёнка). - М.: Академия, 2003. - 416 с.
2. Вишневецкая Е.В, Гобунов И.А. Выявление нелинейных взаимосвязей между функциональным состоянием нервной системы и эмоциональной компетентностью ребенка // Материалы международной конф. "Физиология развития человека". - Секция 1,2. - М.: Вердана, 2009. - С.22-23.
3. 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.
4. 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.
5. Водолажская М.Г., Рослый И.М., Водолажский Г.И. Иерархическая организация биоритмов основана на общих биохимических закономерностях // Вестник Ставропольского государственного университета. - 2006. - Вып.47. - С. 200-212.
6. Геодакян В.А. Эволюционная роль асимметризации органов, мозга и тела // XX съезд Физиол. общества им. И.П.Павлова. Тез.докл. - М.: Русский врач. - 2007. - С.28.
7. Исомидинов А.И. Трехсигнальные морфофункциональные и психологические аспекты психосоматических заболеваний // I съезд физиологов СНГ. Тезисы докладов. - М.: Медицина - Здоровье, 2005. - С. 129.
8. Коротько Г.Ф., Водолажская М.Г. Основы хронофизиологии / В кн. Физиология человека: Учебник / Под ред. В.М.Покровского, Г.Ф.Коротько. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Медицина, 2007. - С. 626-637.
9. Куксова Н.С. К вопросу об источниках генерации медленной активности на ЭЭГ // XX съезд Физиологического общества им. И.П.Павлова. Тезисы докладов. - М.: Русский врач, 2007. - С.294.
10. Соколовская И.Э. Особенности ЭЭГ детского возраста / В кн. Нейрофизиологические исследования в клинике. - М.: Антидор, 2001. - С.102-114.
11. Щекутьев Г.А. Нейрофизиологические исследования в клинике, НИИ нейрохирургии им. Н.Н.Бурденко. - М.: Антидор, 2001. - 233 с.
12. Thatcher R.W., North D., Biver C. Intelligence and EEG phase reset: A two compartmental model of phase shift and lock // NeuroImage, 2008. - 42(4).- P.1639-1653.
13. Thatcher R.W. Cyclic cortical reorganization, phase reset and the development of cognition // Альманах «Новые исследования». - М.: Вердана, 2009. - №2(19) - С.10-11.

G. Vodolazhsky

PATTERN OF EEG-RHYTHMS AMPLITUDE DURING MANS ONTOGENESIS.
NEURODYNAMIC ANALYSIS

Abstract. Decrease of EEG-rhythms amplitude was shown during mans ontogenesis from childhood to old-age. This pattern intensifies in the run “beta – alpha – theta - delta”. The pattern shows itself more on the right, than on the left.

Keywords: ontogenesis, electroencephalogram, alpha-rhythm, beta-rhythm, theta-rhythm, delta-rhythm, amplitude.