

## ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И КРОВООБРАЩЕНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ЛЮДЕЙ С РАЗЛИЧНЫМ ТИПОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ

Рабаданова А.И.

*ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет», г. Махачкала, ashty06@mail.ru*

Исследованы возрастные особенности электрической активности и кровообращения головного мозга у людей с различным типом вегетативной регуляции. Выявлены специфические критерии суммарной электрической активности мозга, зависящие от типа ВНС и возраста. У симпатоников в возрасте 18–22 лет отмечено значительное повышение выраженности бета<sub>2</sub>-волн, у ваготоников – медленных ритмов. В старшей возрастной группе (40–45 лет) повышена выраженность медленных волн и снижены индексы альфа- и бета-ритмов. Преобладание симпатического типа регуляции не приводит к значительным изменениям в показателях мозгового кровообращения. Преимущественно парасимпатический тип регуляции в возрастной группе от 18 до 22 лет сопровождается недостаточностью кровоснабжения мозга по магистральному типу. В возрасте 40–45 лет намечается тенденция к нарушению кровоснабжения по периферическому типу. В обеих возрастных группах отмечается гипоперфузия головного мозга, более выраженная в возрасте 40–45 лет.

Ключевые слова: возраст, электрическая активность мозга, мозговое кровообращение, вегетативная нервная система, симпатическая регуляция, парасимпатическая регуляция.

## AGE FEATURES OF ELECTRIC ACTIVITY AND CEREBRAL CIRCULATION OF PEOPLE WITH DIFFERENT TYPES OF VEGETATIVE REGULATION

Rabadanova A.I.

*Dagestan State University, Makhachkala, ashty06@mail.ru*

The age characteristics of electrical activity and blood circulation of the brain in humans with different types of vegetative regulation are investigated. The specific criteria of total brain electrical activity, depending on the type of the ANS and age are identified. In people with sympathetic regulation aged 18–22 years have seen a significant increase in expression of beta<sub>2</sub>-waves while in the vagotonics – slow rhythms. In the older age group (40–45 years) increased expression of slow waves and lowered indices of alpha and beta rhythms. The predominance of the sympathetic type of regulation does not lead to significant changes in terms of cerebral circulation. Predominantly parasympathetic type of regulation in the age group from 18 to 22 years old accompanied by a lack of blood supply to the brain through the main type. At the age of 40–45 years, there is a tendency to disruption of the blood supply for the peripheral type. In both age groups marked hypoperfusion of the brain are more pronounced in the age of 40–45 years.

Keywords: age, the electrical activity of the brain, cerebral blood flow, autonomic nervous system, the sympathetic regulation, parasympathetic regulation.

Одной из актуальных задач возрастной физиологии является выяснение основных принципов и закономерностей морфологического и функционального развития мозга и базовых нейрофизиологических механизмов, обеспечивающих не только поддержание жизнедеятельности организма, но и постепенное расширение адаптивных возможностей, формирование поведенческих реакций [6].

Головной мозг является главным регулирующим и координирующим центром, обеспечивающим восприятие и анализ параметров внешней среды, поиск врожденных и приобретенных в процессе жизни оптимальных программ взаимодействия с окружающей средой. В то же время обеспечение адаптационных возможностей организма является

назначением вегетативной нервной системы. Сбалансированная вегетативная регуляция позволяет максимально реализовать функциональные возможности организма, а ее нарушения могут выступать как наиболее ранняя причина дезадаптации. Вегетативные изменения могут рассматриваться как индикатор неблагополучия уже на ранних стадиях формирования нарушений мозговой активности. Определение характера вегетативных нарушений представляет несомненный клинический интерес и имеет диагностическое и прогностическое значение [1,4].

В последние годы появилась гипотеза, что вегето-сосудистая дистония обусловлена особенностями кровообращения головного мозга. Это связано с аномалиями Виллизиева круга и других мозговых артерий. Важно также нарушение оттока крови. Застой в венозных синусах нарушает работу отдельных отделов ВНС – гипоталамуса и лимбической системы, что приводит к вегето-сосудистым нарушениям [2,3].

В связи с этим целью нашего исследования явилось изучение возрастных особенностей электрической активности и кровообращения мозга при различных типах вегетативной регуляции.

**Материал и методы.** Исследования проводились на базе биологического и психологического факультетов Дагестанского государственного университета. В исследованиях принимали участие 80 человек, разделенных на две возрастные группы: от 18 до 22 лет и от 40 до 45 лет. В каждой возрастной группе были выделены по 3 подгруппы – представители с одинаковой степенью активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы (эутоники), представители с преобладанием влияния парасимпатической нервной системы (ваготоники) и представители с преобладанием симпатической регуляции (симпатоники).

#### **Исследование состояния вегетативной нервной системы**

Сущность исследования ВНС составляют функционально-динамические исследования: тонуса, вегетативной реактивности, вегетативного обеспечения деятельности. Вегетативный тонус и реактивность дают представление о гомеостатических возможностях организма, вегетативное обеспечение деятельности – об адаптивных механизмах. Группы представителей с разными видами вегетативной нервной системы формировались на основании определения следующих критериев: вегетативного индекса Кердо ( $ВИ = (1 - АД_д / ЧСС) \times 100$ ); индекса Хильдебранта ( $Q = ЧСС / ЧД$ ), акупунктуре по Р. Фолю.

ЭЭГ и РЭГ регистрировали с помощью многоканальной исследовательской системы «ЭНЦЕФАЛАН-131-133» с частотой опроса 100 Гц, полоса пропускания от 0,3 до 30 Гц [5]. Отведение паттернов проводили при помощи специальных контактных электродов, приложенных к поверхности кожи на голове. Электроэнцефалограмма регистрировалась

монополярно в следующих стандартных отведениях: Fp1, Fpz, Fp2, F7, Fz, F3, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1, Oz, O2. В качестве референтного использовался объединенный ушной электрод (A1, A2).

При регистрации реоэнцефалограммы на кожные покровы головы накладывались металлические электроды в фронто-мастоидальное (F – M), лобном (F – F1), теменно-височном (P – T), роландо-височном (P – T), теменно-центральной (P – C) отведениях. Кроме того, применялись окципито-мастоидальное (O – M) и окципито-париетальное (O – P) отведения.

При экспресс-обработке данных использовали сглаживание, быстрое Фурье-преобразование, масштабирование. Для детальной обработки всего массива данных и проведения статистических расчетов использовался специально созданный пакет программ. Расчеты и хранение программ и данных производились на IBMPS.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты наших исследований по изучению электрической активности головного мозга у людей с различной степенью активности ВНС представлены в таб. 1 и на рис. 1–3.

**Таблица 1**

Индекс выраженности (%) и соотношение ритмов ЭЭГ у людей при различных типах вегетативной регуляции

ритмы группа	альфа	бета <sub>1</sub>	бета <sub>2</sub>	дельта	тета	$\frac{\text{альфа} + \text{бета}}{\text{дельта} + \text{тета}}$	$\frac{\text{альфа}}{\text{тета}}$
18-22							
нормотоники	53,5±2,1	26,6±1,5	4,6±1,2	7,1±1,1	7,6±0,9	5,6±0,8	7,1±0,7
симпатоники	37,5±2,5	19,2±3,1	9,7±3,1	6,8±0,9	7,6±0,8	6,7±1,1	5,0±0,6
ваготоники	45,9±3,6	18,4±2,1	12,1±1,1	10,2±1,2	13,4±1,1	3,2±0,9	3,5±1,1
40-45 лет							
нормотоники	66,8 ± 1,3	24,2 ± 0,5	5,1±0,9	3,1 ± 0,2	6,2 ± 0,5	10,1 ± 0,9	11,1 ± 0,8
симпатоники	36,9±2,1	13,2±1,3	2,9±0,8	5,9±1,0	9,5±1,0	2,2±0,7	3,9±0,9
ваготоники	45,1±3,5	9,1±1,1	4,1±0,7	9,1±1,2	8,0±0,9	3,4±0,6	5,6±0,7

Как следует из анализа ЭЭГ, преобладающим ритмом покоя у нормотоников обеих возрастных групп является альфа-ритм (53,5 % и 66,8 %). В сравниваемых группах выраженность ритма покоя снижается. В большей степени данная закономерность отмечена в старшей возрастной группе, в которой у симпатоников альфа-активность снижена на 42 %, у ваготоников – на 34,8 %, по сравнению с эутониками.

В сравниваемых группах отмечен разный процент выраженности бета<sub>1</sub>-волн. Так, если у нормотоников обеих возрастных групп мощность бета-волн составляет ~24,2–26,6 %, то как у симпатоников, так и у ваготоников она снижается примерно в одинаковых

соотношениях. При этом у людей в возрасте 40–45 лет выраженность бета-активности снижена значительно по сравнению с возрастом 18–22 года. Однако в более молодой возрастной группе отмечено значительное повышение бета<sub>2</sub>-активности, особенно у симпатоников. У симпатоников и ваготоников в возрасте 40–45 лет выраженность бета<sub>2</sub>-волн снижена.

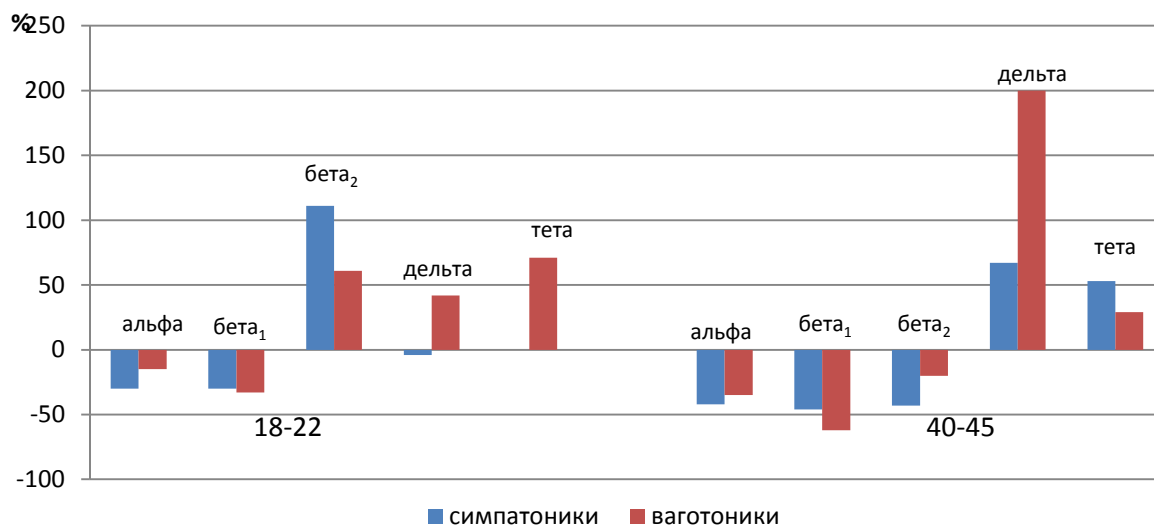


Рис. 1. Динамика индекса выраженности ритмов ЭЭГ (%) у симпатоников и ваготоников по отношению к нормотоникам

Следует отметить также значительное повышение дельта активности в этой возрастной группе: у симпатоников – на 67 %, у ваготоников – в 3 раза. У молодых лиц медленная форма волн повышена только в группе с преобладанием парасимпатической регуляции.

Известно, что у здорового человека, находящегося в состоянии пассивного бодрствования, регистрируется небольшой процент медленноволновой активности (дельта и тета-ритмы). Характерной же особенностью ЭЭГ покоя ваготоников обеих сравниваемых возрастных групп и симпатоников старшей группы является повышение относительной мощности медленноволновой активности, которая представлена диффузно в теменно-центрально-височных отведениях в виде отдельных волн и групп волн, амплитудой до 15 мкВ, а также кратковременными вспышками амплитудой, до 35 мкВ, частотой 6–7 Гц.

Наиболее распространенной точкой зрения на сегодняшний день является то, что тета-ритм связан с мезолимбическими влияниями на кору. Усиление тета-активности у симпа- и ваготоников по отношению к норме позволяет предположить, что мезолимбические структуры у них находятся в активированном состоянии.

Для определения степени нарушения стабилизации корковой электрической активности мы использовали интегральные индексы ЭЭГ: соотношения  $\frac{\text{альфа} + \text{бета}}{\text{дельта} + \text{тета}}$  или

## альфа

тета . Исходя из наших данных (табл. 1), в наибольшей степени нарушения степени стабилизации корковой активности у испытуемых в возрасте 18–22 года отмечены у ваготоников, тогда как в старшей возрастной группе – у симпатоников.

Общеизвестно, что дезорганизация или заострение альфа-ритма, дизритмия рассматриваются как проявление ирритативных нарушений, которые чаще всего связаны с рефлекторным влиянием со стороны раздраженных оболочек сосудистой системы головного мозга. Ослабление альфа-ритма на ЭЭГ отражает неуравновешенное беспокойное состояние. На ЭЭГ здорового человека, не находящегося под влиянием стресса, преобладают альфа-волны. Появление же неустойчивого альфа-ритма, уменьшение амплитудной характеристики биопотенциалов свидетельствует об отчетливом ухудшении функционального состояния головного мозга, так как альфа-ритм является механизмом, регулирующим поток восходящей и нисходящей информации.

Тета-ритм тесно связан с эмоциональным напряжением. Его иногда называют стресс-ритмом или ритмом напряжения. Одним из ЭЭГ симптомов эмоционального возбуждения служит усиление тета-ритма с частотой колебания 4–7 Гц, сопровождающее переживание как положительных, так и отрицательных эмоций. Предполагается, что усиление тета-ритма при эмоциях отражает процесс активации коры больших полушарий со стороны лимбической системы.

Нечеткая депрессия альфа-ритма на «открывание-закрывание» глаз и фотостимуляцию у ваготоников обеих возрастных групп свидетельствует о снижении тонуса нейронов коры в условиях преобладания парасимпатической регуляции.

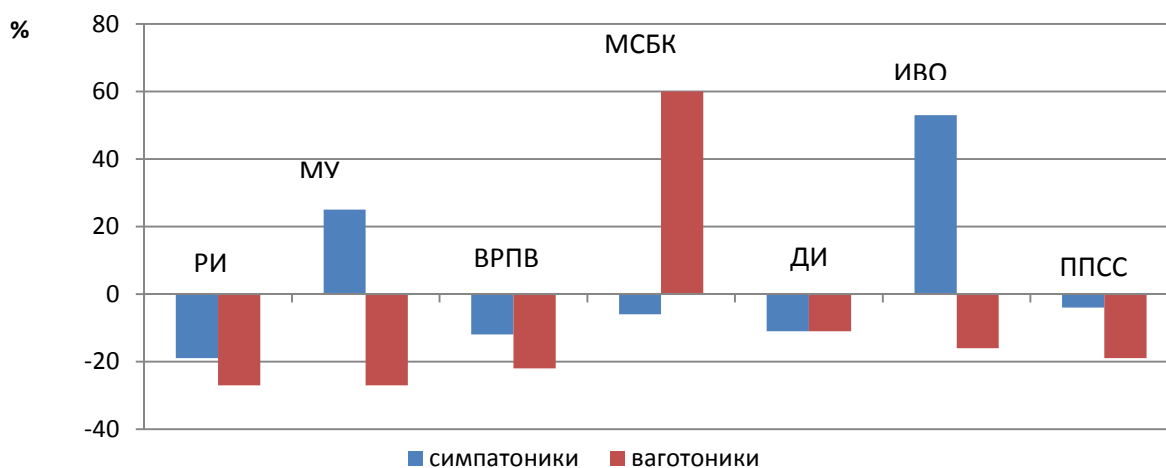
Таким образом, на основании полученных нами данных об особенностях электрической активности мозга при различной степени активности ВНС можно отметить общие закономерности отражения типов ВНС на ЭЭГ, выражающиеся в снижении альфа- и бета-активности и повышении медленноволновой активности. Отличия обнаруживаются в степени изменения данных показателей: альфа- и бета-активность более снижена у симпатоников, тогда как повышение медленноволновой активности в большей степени наблюдается у ваготоников. Что касается возрастных отличий, то следует также отметить большую степень отклонений от нормы у представителей более старшей возрастной группы.

При оценке особенностей мозгового кровообращения нами учитывались форма и время распространения волны каждого отведения, межполушарная асимметрия, а также изменения РЭГ при функциональных пробах.

Из представленных данных видно (рис. 2,3), что у симпатоников в возрасте 18–22 лет не наблюдается значительных изменений показателей мозгового кровообращения.

Незначительно по отношению к эутоникам снижено объемное пульсовое кровенаполнение (на 19 %), а также время распространения пульсовой волны (на 12 %) и дикротический индекс (на 10 %). Отмечено значительное повышение (на 53 %) индекса венозного оттока.

У ваготоников этой возрастной группы отмечены более значительные изменения. Так, в этой группе снижены все показатели, за исключением максимальной скорости быстрого кровенаполнения. Объемное пульсовое кровенаполнение (РИ) снижено на 56 %, модуль упругости и время распространения пульсовой волны – на 22–27 %, тонус резистентных сосудов (ППСС) – на 19 %, индекс венозного оттока – на 15,8 %, дикротический индекс – на 11 %.



*Рис. 2. Динамика показателей мозгового кровообращения у студентов 18–22 лет в зависимости от типа ВНС (сокращения см. табл. 9)*

*РИ – реографический индекс, МУ – модуль упругости, ВРПВ – время распространения пульсовой волны, МСБК – максимальная скорость быстрого кровенаполнения, ПЭС – показатель эластичности сосудов, ППСС – показатель периферического сосудистого сопротивления, ДК – дикротический индекс, ИВО – индекс венозного оттока*

У представителей более старшей возрастной группы так же как и представителей рассмотренной ранее группы наиболее значительные отличия от нормотоников отмечены у испытуемых с преобладанием парасимпатических влияний. Так, в этой группе РИ и МСКБ снижены на 67 % и 53 % соответственно, МУ и ППСС – на 29 % и 35 %, значительно (на 103 %) повышен ДИ и в меньшей степени (на 35 %) – ИВО.

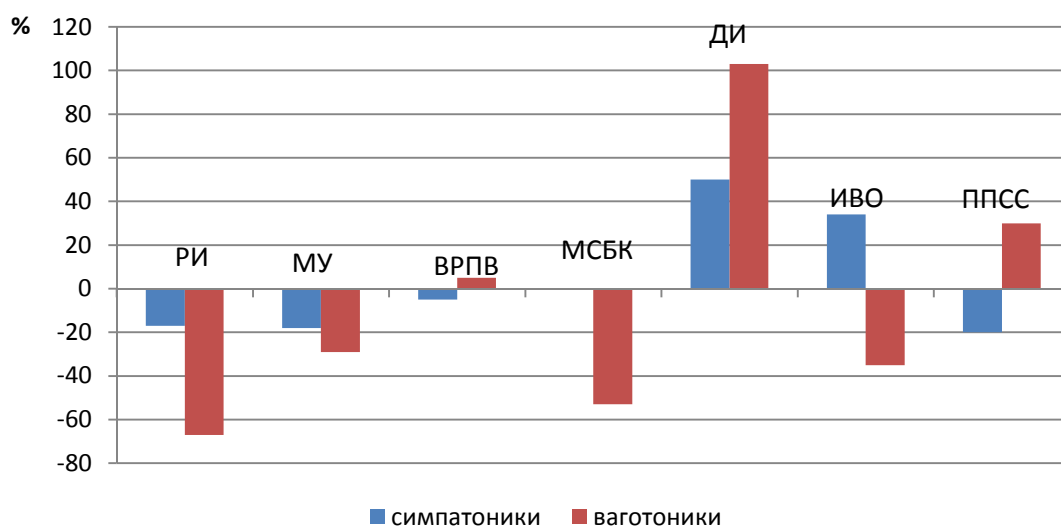


Рис. 3. Динамика показателей мозгового кровообращения у людей 40–45 лет в зависимости от типа ВНС (сокращения см. рис. 2)

Таким образом, исходя из наших данных, можно отметить, что независимо от возраста более значительные отличия от нормотоников показателей мозгового кровообращения наблюдаются у ваготоников. При более детальном рассмотрении можно отметить однонаправленные (в сторону снижения) изменения РИ, МУ, ИВО и ППСС и разнонаправленные отклонения в показателях МСБК (повышение у лиц в возрасте 18–22 лет и снижение – в возрасте 40–45 лет) и ДИ (снижение у лиц в возрасте 18–22 лет и повышение – в возрасте 40–45 лет). У симпатотоников значительные отклонения обнаружены в возрасте 18–22 лет: снижение РИ и повышение МУ и ИВО.

Понижение РИ у ваготоников в обеих возрастных группах свидетельствует о снижении объемного пульсового кровенаполнения, имеющего более резкую выраженность в возрасте 40–45 лет. Это указывает на синдром гипоперфузии головного мозга, обусловленного систолической дисфункцией миокарда (недостаточность насосной функции). Повышение МСБК у ваготоников в возрасте 18–22 лет указывает на повышение тонуса артерий распределения и недостаточность кровоснабжения мозга по магистральному типу. Незначительное повышение ППСС у ваготоников в возрасте 40–45 лет свидетельствует о тенденции к повышению тонуса артерий сопротивления, что может привести к недостаточности кровоснабжения мозга по периферическому типу. Тонус сосудов сопротивления снижен у ваготоников в возрасте 18–22 года и повышен в более старшей возрастной группе.

У лиц с доминированием парасимпатического отдела поддержание адекватной гемодинамики осуществляется при участии и надсегментарных структур ВНС, о чем свидетельствует значительное снижение сосудистого сопротивления.

Таким образом, преобладание симпатического типа регуляции не приводит к значительным изменениям в показателях мозгового кровообращения в рассмотренных группах. Преимущественно парасимпатический тип регуляции в возрастной группе от 18 до 22 лет сопровождается недостаточностью кровоснабжения мозга по магистральному типу, о чем свидетельствует повышение МСБК. В возрасте 40–45 лет намечается тенденция к нарушению кровоснабжения по периферическому типу. У ваготоников обеих возрастных групп отмечается гипоперфузия головного мозга, более выраженная в возрасте 40–45 лет.

### Список литературы

1. Вейн, А.М. Заболевания вегетативной нервной системы / А.М. Вейн, Т.Г. Вознесенская, В.Л. Голубев. – М.: Медицина, 1991. – 624с.
2. Минин, В.В. Особенности вегетативных и эндокринных функций у сельских и городских школьников пубертатного возраста: автореф. дис. ... канд. биол. наук / В.В. Минин. – Томск, 2002. – 22с.
3. Попова, М.А. Функциональное состояние вегетативной и центральной нервной системы у лиц, занимающихся экстремальными видами спорта /М.А. Попова [и др.]// Современные проблемы науки и образования. – 2013. – /www.science-education.ru/109-9240. –
4. Скоромец, А.А. Диагностика и принципы патогенетической терапии дисциркуляторной энцефалопатии /А.А. Скоромец. – Санкт-Петербург: ЭЛБИ-СПб, 2005. – 104с.
5. Фролов, С. В. Методы и приборы функциональной диагностики: учебное пособие /С.В. Фролов [и др.]. – Тамбов: ТГТУ, 2008. – 4-13с.
6. Cohen, L. DNA repair capacity in medical students during exam stress / Cohen, L., Marshall, G. D., Cheng, L., Argarwal, S. K., Wei Q. // J. Behav. Med. 2000. V. 23. № 6. P. 531-544.

### Рецензенты:

Сулаквелидзе Т.С., д.м.н., профессор, зав. кафедрой нормальной физиологии ДГМА, Дагестанская государственная медицинская академия, г. Махачкала;  
Черкесова Д.У., д.б.н., профессор кафедры зоологии и физиологии животных ДГУ, Дагестанский государственный университет, г. Махачкала.