

ОСОБЕННОСТИ ГЕМОЛИКВОРОДИНАМИКИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПО ПАТТЕРНАМ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ПРИ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПОСТУРАЛЬНЫХ НАГРУЗКАХ

*Н.Л. Гусева**, *Н.Б. Суворов**, *Т.В. Прянишникова**

*Институт экспериментальной медицины
(Санкт-Петербург)

Целью исследования было изучить особенности гемодинамики головного мозга человека по паттернам электроэнцефалограммы при колебательных постуральных воздействиях в виде пассивных периодических антиортостатических наклонов на -15° . Регистрация электроэнцефалограммы осуществлялась непрерывно с помощью беспроводного 21-канального электроэнцефалографа. Однократное обследование прошли 23 человека в возрасте от 19 до 24 лет. Гемодинамика оценивалась по паттернам электроэнцефалограммы методом, обладающим высокой диагностической точностью (патент № 2436503 от 20.12.2011). Суть метода состоит в том, что отношение средней мощности тета-волн во фронтальных отведениях (Fp1, Fpz, Fp2, Fz) к средней мощности тета-волн в теменных отведениях (P1, Pz, P2) электроэнцефалограммы определяется коэффициентом гемодинамики Кг, значение которого в норме – не более 1,2. Более высокие значения этого коэффициента свидетельствуют о нарушении гемодинамики головного мозга или внутричерепной гипертензии. У 6 человек с признаками нарушения гемодинамики головного мозга, выявленными на стадии предварительного обследования ($K_g > 1,2$), в процессе постуральных воздействий снижалась выраженность этих признаков или происходила нормализация гемодинамики по данным коэффициента Кг. У остальных 17 человек показатели гемодинамики в процессе постуральных нагрузок не выходили за рамки нормы. Результаты проведенных исследований позволили предположить, что постуральные воздействия в виде пассивных периодических антиортостатических наклонов на -15° оказывают благоприятное влияние на процессы кровообращения головного мозга, нормализуют гемодинамику и не влияют на нее, если она в норме.

Ключевые слова: *постуральные воздействия, гемодинамика, электроэнцефалограмма, антиортостаз.*

Ответственный за переписку: Гусева Надежда Леонидовна, *адрес:* 197376, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 12; *e-mail:* guseva_nad@mail.ru

Для цитирования: Гусева Н.Л., Суворов Н.Б., Прянишникова Т.В. Особенности гемодинамики головного мозга по паттернам электроэнцефалограммы при колебательных постуральных нагрузках // Журн. мед.-биол. исследований. 2019. Т. 7, № 1. С. 5–15. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.1.5

Постуральные рефлекс, постуральную неустойчивость, постуральные нарушения изучают, как правило, в непосредственной связи с болезнью Паркинсона. В то же время постуральным воздействиям (ПВ), а также влиянию, которое они могут оказывать на организм человека, в особенности на его головной мозг, не уделяется должного внимания. Немногочисленные исследования в этой области проводились, в частности, методом доплерографии, при этом оценивались особенности внутрисердечного кровотока (при различных вариантах активного антиортостаза) и внутриорганного кровотока печени и почек (при специфических позах тела на основе упражнений из практики хатха-йоги) [1]. Методом транскраниальной доплерографии оценивались показатели гемодинамики экстра- и интракраниальных сосудов головного мозга при постуральных нагрузках в виде антиортостаза на -45° , в результате были получены новые научные данные о влиянии постуральных нагрузок на линейную скорость кровотока в магистральных артериях и прямом венозном синусе головного мозга, установлены факты, объясняющие механизмы гемодинамических реакций при изменении положения тела [2]. В исследованиях влияния динамических ПВ колебательного характера с поочередной сменой ортостатических и антиортостатических положений испытуемого были получены данные о положительных изменениях показателей вариабельности сердечного ритма по сравнению с исходным состоянием, что косвенно свидетельствует о благотворном влиянии ПВ на гемодинамику [3, 4]. Новые знания, полученные благодаря этим исследованиям, несомненно, представляют особую ценность и приобретут еще большую значимость, если будут дополнены нейрофизиологическими данными.

Ранее на основе визуального и математического анализа электроэнцефалограмм (ЭЭГ), полученных при обследовании большого контингента больных и здоровых лиц, был разработан и запатентован метод выявления нару-

шения гемодинамики головного мозга по паттернам ЭЭГ [5–7]. Как известно, ЭЭГ здорового человека характеризуется хорошо выраженным веретенообразным альфа-ритмом частотой 9–12 Гц, правильно распределенным (т. е. с градиентом падения амплитуды от затылочных отведений к лобным), практически неискаженным другими ритмами. Появление тета-ритма частотой 4–7 Гц является неблагоприятным признаком, но для правильной оценки важна его локализация. Клинико-энцефалографические сопоставления свидетельствуют о том, что локальные вспышки групповых тета- и дельта-волн отражают наличие в головном мозге объемного процесса [8]. Пароксизмы тета-волн могут быть следствием снижения порога судорожной готовности [9, 10]. Появление регулярного тета-ритма без зональных различий по всем отведениям у лиц старше 60 лет может свидетельствовать о выраженном атеросклеротическом процессе (при наличии клинических данных) [11–13]. Локальная медленноволновая активность регистрируется в областях головного мозга со сниженным кровотоком у пациентов, перенесших транзиторную ишемическую атаку [14, 15]. Также причинами появления тета-активности на ЭЭГ могут быть повышение внутричерепного давления (ВЧД) или нарушение гемодинамики головного мозга [5, 7], что и стало основанием для разработки вышеуказанного метода выявления нарушения гемодинамики головного мозга [6].

Метод основан на том, что отношение средней мощности тета-волн во фронтальных отведениях (Fp1, Fpz, Fp2, Fz) к средней мощности тета-волн в теменных отведениях (P1, Pz, P2) ЭЭГ определяется коэффициентом гемодинамики Кг, значение которого в норме не превышает 1,2. Изменения этого коэффициента в сторону увеличения свидетельствуют о нарушении гемодинамики головного мозга или внутричерепной гипертензии – чем выше Кг, тем выше степень нарушения. Результаты проведенного анализа были под-

тверждены более чем в 90 % случаев данными компьютерной и магнитно-резонансной томографии. Всего было выделено три степени нарушения гемодинамики: I – $1,2 < K_{\Gamma} \leq 2,0$; II – $2,0 < K_{\Gamma} \leq 3,0$; III – $K_{\Gamma} > 3,0$.

Поскольку при постуральных колебательных нагрузках (антиортостатических наклонах) происходит перемещение жидкостных сред организма, это может повлиять и на гемодинамику головного мозга, а согласно указанному методу – должно отразиться в паттернах ЭЭГ.

Таким образом, цель исследования – изучение особенностей реакций биоэлектрической активности головного мозга на колебательные ПВ в виде пассивных периодических антиортостатических наклонов на -15° и возвращений в положение $+5^{\circ}$ относительно «горизонта».

Материалы и методы. Всего в исследовании приняли участие 23 человека без жалоб на здоровье в возрасте от 19 до 24 лет, из них 14 женщин и 9 мужчин. Все испытуемые дали информированное согласие на участие в исследовании (утверждено локальным этическим комитетом ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины»). Для каждого испытуемого оно проводилось однократно.

Человека помещали в ортостатическое положение, близкое к горизонтальному ($+5^{\circ}$), – укладывали на специальный стол-вертикализатор с программным управлением, с помощью которого совершались периодические колебания стола таким образом, что за 46 с человек оказывался головой ниже горизонтального уровня на -15° , далее за то же время возвращался в ортостатическое положение ($+5^{\circ}$). Таких «покачиваний» было 7. На протяжении всего исследования испытуемые находились в состоянии расслабленного бодрствования с закрытыми глазами.

Во время ПВ, до и после них непрерывно регистрировалась ЭЭГ. Протокол ПВ состоял из 26 фрагментов записи по 46 с: 6 фрагментов фона в горизонтальном положении; 7 качаний

(наклон на -15° и возвращение на $+5^{\circ}$) – всего 14 фрагментов; 6 фрагментов фона.

Запись ЭЭГ осуществлялась монополярно в полосе частот 0,5–35,0 Гц с применением беспроводного электроэнцефалографа Mitsar-EEG/SmartBCI (Санкт-Петербург). Активные электроды в количестве 21 располагались по стандартной схеме 10–20, в качестве индифферентного использовался усредненный электрод (Av). Оценка биоэлектрической активности проводилась визуально и с помощью пакета программного обеспечения для регистрации и обработки ЭЭГ WinEEG v. 2.8.3 (Mitsar, Санкт-Петербург). Оценивались спектры мощности безартефактных отрезков ЭЭГ с усреднением стационарных участков длительностью по 2 с в диапазонах частот: дельта- ($<4,0$ Гц), тета- ($\geq 4,0$ и $<7,5$ Гц), альфа- ($\geq 7,5$ и $<14,0$ Гц), бета- ($\geq 14,0$ и $<30,0$ Гц). Кроме того, особое внимание было сосредоточено на паттернах в виде групповых и регулярных тета-волн во фронтальных отведениях (Fp1, Fpz, Fp2, Fz), свидетельствующих о нарушении гемодинамики головного мозга [5–7].

Статистическая обработка результатов и построение графиков осуществлялись с помощью методов, реализованных в программах STATISTICA 10.0 и Microsoft Excel.

Результаты. У 6 из 23 испытуемых лиц на стадии предварительного ЭЭГ-обследования (до ПВ) по результатам расчетов коэффициента K_{Γ} была выявлена I степень нарушения гемодинамики головного мозга. Для примера на *рис. 1* (см. с. 8) приведен фрагмент ЭЭГ с короткой вспышкой тета-волн во фронтальных отведениях у одного из 6 обследованных лиц.

На *рис. 2* (см. с. 9) представлены графики изменений коэффициента K_{Γ} в процессе исследования для каждого из 6 испытуемых с нарушенной гемодинамикой. Несмотря на значительные колебания коэффициента K_{Γ} от измерения к измерению, можно заметить тенденцию к постепенному его снижению или нормализации.

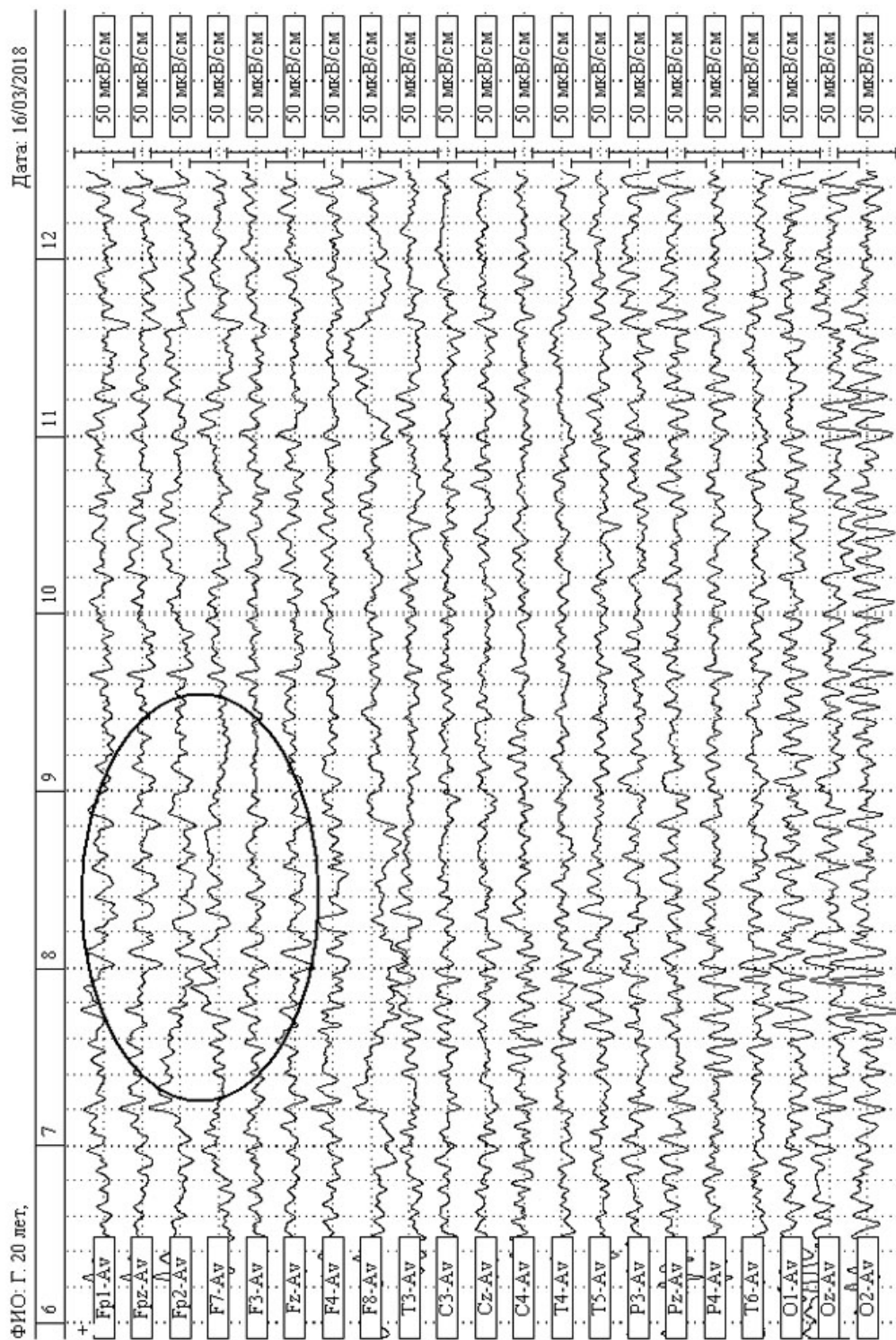


Рис. 1. Фрагмент ЭЭГ с короткой вспышкой тета-волн во фронтальных отведениях (выделено овалом) у испытуемого с исходным Кг = 1,48

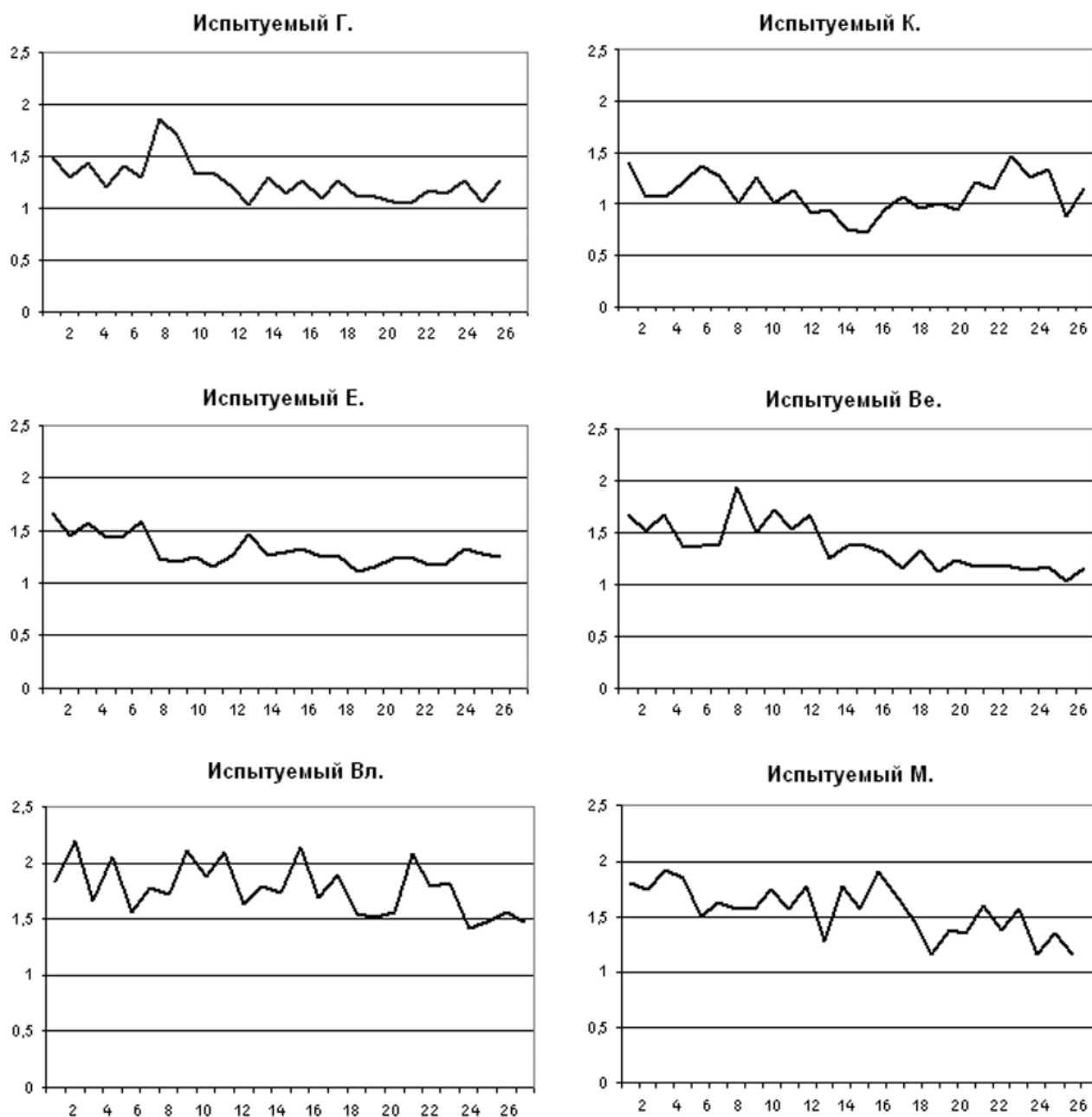


Рис. 2. Динамика коэффициента $K\gamma$ в процессе всего исследования у испытуемых с исходно повышенным его значением: по оси абсцисс – фрагменты исследования (от 1 до 26), по оси ординат – значения коэффициента $K\gamma$

В таблице приведены значения Кг 6 фрагментов фоновой записи ЭЭГ до и после серии наклонов для каждого из 6 испытуемых с нарушенной гемодинамикой. До ПВ у всех коэффициенты Кг превышали норму (1,2 и более).

характер, не являясь патологическими [16–22]. Существуют пульсовые, дыхательные, вазогенные волны ВЧД. Например, медленные В-волны ВЧД частотой 0,02–0,3 Гц, периодом 3–50 с регистрируются даже на фоне стабильной гемодинамики. Предполагается, что В-волны

**ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА Кг В ФОНОВОЙ ЗАПИСИ ЭЭГ
У ЛИЦ С НАРУШЕНИЕМ ГЕМОЛИКВОРОДИНАМИКИ
ДО И ПОСЛЕ ПОСТУРАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

Испытуемый	Фрагмент фоновой записи ЭЭГ					
	1	2	3	4	5	6
Г.:						
до ПВ	1,48	1,29	1,43	1,2	1,4	1,3
после ПВ	1,04	1,17	1,14	1,27	1,06	1,26
К.:						
до ПВ	1,41	1,07	1,08	1,2	1,37	1,27
после ПВ	1,15	1,46	1,25	1,33	0,87	1,14
Е.:						
до ПВ	1,66	1,45	1,57	1,43	1,45	1,58
после ПВ	1,25	1,17	1,19	1,32	1,28	1,25
Вл.:						
до ПВ	1,84	2,2	1,66	2,05	1,56	1,77
после ПВ	1,79	1,82	1,42	1,48	1,56	1,47
Ве.:						
до ПВ	1,68	1,52	1,68	1,46	1,38	1,38
после ПВ	1,19	1,18	1,14	1,18	1,03	1,15
М.:						
до ПВ	1,81	1,57	1,77	1,28	1,77	1,63
после ПВ	1,6	1,38	1,57	1,16	1,36	1,15

Примечание. Полужирным шрифтом обозначены достоверные ($p < 0,05$) снижения значений Кг после ПВ относительно значений до ПВ (на основе G -критерия знаков).

У всех испытуемых с отсутствием нарушений гемодинамики колебания коэффициента Кг в процессе исследования не превышали норму (рис. 3).

Обсуждение. Что касается колебаний коэффициента Кг от измерения к измерению, то этот факт не противоречит, а соответствует данным многочисленных исследований, согласно которым ВЧД подвержено колебаниям разной частоты, и эти колебания носят физиологический

связаны с осцилляторными колебаниями сосудистого русла и генерируются сосудами всего организма, включая и интракраниальные, для лучшей оксигенации тканей организма и особенно органов, лишенных способности к депонированию кислорода, к которым относится и головной мозг [22–25]. Отсутствие каких-либо колебаний ВЧД, наоборот, рассматривается как патология и свидетельствует об атрофии мозга. Этот факт подтвердил правомерность при-

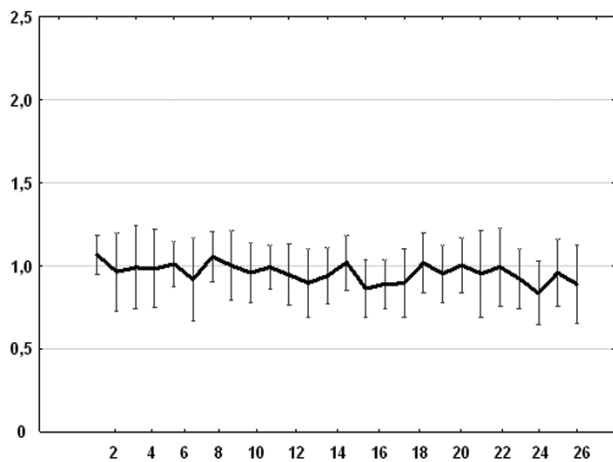


Рис. 3. Динамика среднего значения коэффициента $K\gamma$ в процессе всего исследования у испытуемых с исходно нормальным его значением: по оси абсцисс – фрагменты исследования (от 1 до 26), по оси ординат – значения коэффициента $K\gamma$

менения коэффициента гемодинамики, рассчитываемого по спектральным характеристикам ЭЭГ, для выявления внутричерепной гипертензии.

Таким образом, результаты однократного обследования продолжительностью 25 мин показали, что ПВ в виде периодических покачиваний – наклонов на -15° и возвращений на $+5^\circ$ – способствуют нормализации гемодинамики или снижению выраженности ее нарушений.

Если говорить о механизмах такого явления, то, согласно данным обследований космонавтов [2], при антиортостатических наклонах сохраняется относительная стабильность кровотока в магистральных артериях головного мозга, но при этом значительно возрастает кровоток в прямом венозном синусе. Другими словами, происходит парадоксальная реакция – голова вниз, а венозный отток усиливается. Далее, при возвращении в горизонтальное положение скорость линейного кровотока по артериям также

практически не меняется, а скорость кровотока в венозном синусе снижается. Почему это происходит? Вероятно, включаются и какое-то время действуют компенсаторные механизмы самосохранения [2]. Возможен и другой вариант объяснения парадоксальной реакции – механический. Структуры мозга смещаются, сдавливая мостиковые вены в субарахноидальном пространстве, что приводит к перераспределению кровотока и оттоку крови через систему глубоких вен мозга. В этом случае главным коллектором становится прямой венозный синус [2].

С учетом вышеприведенных сведений и результатов наших исследований можно предположить, что у 6 испытуемых имеется легкая степень недостаточности кровообращения (без выраженных клинических признаков), на что указывает наличие всплеск медленной активности (тета-волн) во фронтальных отведениях ЭЭГ [5, 7, 14, 15]. Колебательные постратуральные нагрузки в виде периодических наклонов на -15° производят эффект сосудистого дренажа: одни сосуды периодически сдавливаются, другие стимулируются или включаются в функционирование. В результате улучшаются микроциркуляция, кровообращение и в целом гемодинамика головного мозга. На ЭЭГ это проявляется снижением мощности тета-волн во фронтальных отведениях, нормализацией коэффициента $K\gamma$ или постепенным его снижением.

Таким образом, результаты исследования позволяют полагать, что колебательные ПВ в виде периодических, одинаковых по длительности 46-секундных наклонов на -15° антиортостаза и возвращений на $+5^\circ$ оказывают благоприятное влияние на процессы кровообращения головного мозга, нормализуют гемодинамику и не влияют на нее, если она в норме. Курсовое применение колебательных ПВ может стать реальной психофизиологической поддержкой стандартной терапии при нарушениях гемодинамики.

Список литературы

1. Минвалеев Р.С. Особенности внутрисердечного и внутриорганного кровотока при избранных позах человека (по данным доплерэхографии): дис. ... канд. биол. наук. СПб., 1999. 118 с.
2. Галушкина А.А. Особенности мозговой гемодинамики человека при постуральных нагрузках и после длительного космического полета: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 1998. 32 с.
3. Софронов Г.А., Суворов Н.Б., Толкачёв П.И., Сергеев Т.В. Влияние постуральной коррекции гемодинамики на параметры сердечного ритма // Мед. академ. журн. 2014. Т. 14, № 3. С. 38–51.
4. Сергеев Т.В., Суворов Н.Б., Белов А.В., Гараба М.И. Влияние постуральных нагрузок колебательного характера на параметры сердечного ритма // Вестн. новых мед. технологий. 2016. Т. 23, № 1. С. 79–84.
5. Гусева Н.Л., Святогор И.А., Софронов Г.А., Одинак М.М. Электроэнцефалографические корреляты нарушения гемодинамики при различных поражениях головного мозга // Мед. академ. журн. 2010. Т. 10, № 3. С. 80–88.
6. Способ выявления нарушения гемодинамики головного мозга: пат. RU 2436503, МПК А61В50476 / Н.Л. Гусева, И.А. Святогор. Дата регистрации 24.05.2010, номер заявки 2010120815/14.
7. Гусева Н.Л., Святогор И.А. Электрофизиологические корреляты внутричерепной гипертензии // Вестн. клин. нейрофизиологии. 2014. № 2(2). С. 32–40.
8. Болдырева Г.Н., Шарова Е.В., Коптелов Ю.М., Щепетков А.Н., Никитин К.В., Корниченко В.Н., Фадеева Л.М. Исследование генеза патологических паттернов ЭЭГ при опухолевом и травматическом поражении мозга человека // Физиология человека. 2005. Т. 31, № 1. С. 24–32.
9. Гнездицкий В.В., Кошурникова Е.Е., Корепина О.С., Скоморохов А.А. Анализ реакций ЭЭГ на гипервентиляцию (тренды и дипольная локализация): проблемы интерпретации // Функциональная диагностика. 2010. №1. С. 13–25.
10. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). Руководство для врачей. 3-е изд. М.: Медпресс-информ, 2004. 368 с.
11. Святогор И.А. Классификация ЭЭГ-паттернов и их нейрофизиологическая интерпретация при дезадаптационных расстройствах // Биол. обрат. связь. 2000. Т. 2, № 3. С. 10–19.
12. Святогор И.А., Моховикова И.А., Бекшаев С.С., Ноздрачев А.Д. Оценка нейрофизиологических механизмов дезадаптационных расстройств по паттернам ЭЭГ // Журн. высш. нерв. деятельности им. И.П. Павлова. 2005. Т. 55, № 2. С. 178–188.
13. Святогор И.А., Гусева Н.Л., Софронов Г.А., Аланичев А.Е., Боярская Е.М., Зуева Н.Г., Ефимов С.В. Оценка функционального состояния центральной нервной системы у пациентов с фибрилляцией предсердий по фоновым и реактивным паттернам ЭЭГ // Мед. академ. журн. 2015. Т. 15, № 4. С. 39–45.
14. Nagata K. Topographic EEG in Brain Ischemia – Correlation with Blood Flow and Metabolism // Brain Topogr. 1988. Vol. 1, № 2. P. 97–106.
15. Nagata K., Tagawa K., Hiroi S., Shishido F., Uemura K. Electroencephalographic Correlates of Blood Flow and Oxygen Metabolism Provided by Positron Emission Tomography in Patients with Cerebral Infarction // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 1989. Vol. 72, № 1. P. 16–30.
16. Коршунов А.Е. Физиология ликворной системы и патофизиология гидроцефалии // Вопр. нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2010. № 2. С. 45–50.
17. Ошоров А.В. Мониторинг церебрального перфузионного давления и ауторегуляции мозгового кровотока при интенсивной терапии тяжелой черепно-мозговой травмы: дис. ... д-ра мед. наук. М., 2016. 284 с.
18. Lundberg N. Continuous Recording and Control of Ventricular Fluid Pressure in Neurosurgical Practice // Acta Psychiatr. Scand. Suppl. 1960. Vol. 36, № 149. P. 1–193.
19. Avezaat C.J., van Eijndhoven J.H. The Role of the Pulsatile Pressure Variations in Intracranial Pressure Monitoring // Neurosurg. Rev. 1986. Vol. 9, № 1-2. P. 113–120.
20. Czornyka M., Pickard J.D. Monitoring and Interpretation of Intracranial Pressure // J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry. 2004. Vol. 75, № 6. P. 813–821.

21. Minns R.A., Jones P.A., Chambers I.R. Low Frequency Pressure Waves of Possible Autonomic Origin in Severely Head-Injured Children // *Acta Neurochir. Suppl.* 2008. Vol. 102. P. 85–88.
22. Nilsson H., Aalkjær C. Vasomotion: Mechanisms and Physiological Importance // *Mol. Interv.* 2003. Vol. 3, № 2. P. 79–89.
23. Turalska M., Latka M., Czosnyka M., Pierzchala K., West B.J. Generation of Very Low Frequency Cerebral Blood Flow Fluctuations in Humans // *Acta Neurochir. Suppl.* 2008. Vol. 102. P. 43–47.
24. Auer L.M., Sayama I. Intracranial Pressure Oscillations (B-Waves) Caused by Oscillations in Cerebrovascular Volume // *Acta Neurochir. (Wien)*. 1983. Vol. 68, № 1-2. P. 93–100.
25. Lang E.W., Diehl R.R., Timmermann L., Baron R., Deuschl G., Mehdorn H.M., Zunker P. Spontaneous Oscillations of Arterial Blood Pressure, Cerebral and Peripheral Blood Flow in Healthy and Comatose Subjects // *Neurol. Res.* 1999. Vol. 21, № 7. P. 665–669.

References

1. Minvaleev R.S. *Osobennosti vnutriserdechnogo i vnutriorgannogo krovotoka pri izbrannykh pozakh cheloveka (po dannym dopplerekhografii)* [Intracardiac and Intraorgan Blood Flow in Certain Human Postures (According to Doppler Echography): Diss.]. St. Petersburg, 1999. 118 p.
2. Galushkina A.A. *Osobennosti mozgovoy gemodinamiki cheloveka pri postural'nykh nagruzkakh i posle dlitel'nogo kosmicheskogo poleta* [Cerebral Haemodynamics in Humans Exposed to Postural Loads and After a Long Space Flight: Diss.]. Moscow, 1998. 30 p.
3. Sofronov G.A., Suvorov N.B., Tolkachev P.I., Sergeev T.V. Vliyanie postural'noy korrektsii gemodinamiki na parametry serdechnogo ritma [Influence of Postural Correction of Hemodynamics on Heart Rate Parameters]. *Meditsinskiy akademicheskii zhurnal*, 2014, vol. 14, no. 3, pp. 38–51.
4. Sergeev T.V., Suvorov N.B., Belov A.V., Garaba M.I. Vliyanie postural'nykh nagruzk kolebatel'nogo kharaktera na parametry serdechnogo ritma [Influence of Postural Oscillatory Loads on Heart Rate Options]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*, 2016, vol. 23, no. 1, pp. 79–84.
5. Guseva N.L., Svyatogor I.A., Sofronov G.A., Odinak M.M. Elektroentsefalograficheskie korrelyaty narusheniya gemolivorodinamiki pri razlichnykh porazheniyakh golovnoy mozga [Electroencephalographic Correlates of Hemoliquor-Dynamics Disturbances at Various Affection of a Brain]. *Meditsinskiy akademicheskii zhurnal*, 2010, vol. 10, no. 3, pp. 80–88.
6. Guseva N.L., Svyatogor I.A. *Sposob vyyavleniya narusheniya gemolivorodinamiki golovnoy mozga* [Identification Method for Disturbances of Blood and CSF Flow Dynamics in the Brain]. Patent RF no. 2436503, 2010.
7. Guseva N.L., Svyatogor I.A. Elektrofiziolozhicheskie korrelyaty vnutcherepnoy gipertenzii [Electrophysiological Correlates of Intracranial Hypertension]. *Vestnik klinicheskoy neyrofiziologii*, 2014, no. 2, pp. 32–40.
8. Boldyreva G.N., Sharova E.V., Koptelov Yu.M., Shchepetkov A.N., Nikitin K.V., Kornienko V.N., Fadeeva L.M. Study of the Genesis of Pathological EEG Patterns in Tumor and Traumatic Lesions of the Human Brain. *Hum. Physiol.*, 2005, vol. 31, no. 1, pp. 18–25.
9. Gnezditskiy V.V., Koshurnikova E.E., Korepina O.S., Skomorokhov A.A. Analiz reaktsiy EEG na giperventilyatsiyu (trendy i dipol'naya lokalizatsiya): problemy interpretatsii [Space-Time and Dipole Analysis of Hyperventilation-Induced EEG Changes: Interpretation Problems]. *Funktsional'naya diagnostika*, 2010, no. 1, pp. 13–25.
10. Zenkov L.R. *Klinicheskaya elektroentsefalografiya (s elementami epileptologii)* [Clinical Electroencephalography (with Elements of Epileptology)]. Moscow, 2004. 368 p.
11. Svyatogor I.A. Klassifikatsiya EEG-patternov i ikh neyrofiziologicheskaya interpretatsiya pri dezadaptatsionnykh rasstroystvakh [Classification of EEG Patterns and Their Neurophysiological Interpretation in Adaptation Disorders]. *Biologicheskaya obratnaya svyaz'*, 2000, vol. 2, no. 3, pp. 10–19.

12. Svyatogor I.A., Mokhovikova I.A., Bekshaev S.S., Nozdrachev A.D. Otsenka neyrofiziologicheskikh mekhanizmov dezadaptatsionnykh rasstroystv po patternam EEG [EEG Pattern as an Instrument for Evaluation of Neurophysiological Mechanisms Underlying Adaptation Disorders]. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti im. I.P. Pavlova*, 2005, vol. 55, no. 2, pp. 178–188.

13. Svyatogor I.A., Guseva N.L., Sofronov G.A., Alanichev A.E., Boyarskaya E.M., Zueva N.G., Efimov S.V. Otsenka funktsional'nogo sostoyaniya tsentral'noy nervnoy sistemy u patsientov s fibrillyatsiey predserdiy po fonovym i reaktivnym patternam EEG [Assessing CNS Conditions in Atrial Fibrillation Patients by Background and Reactive EEG Patterns]. *Meditinskiy akademicheskiy zhurnal*, 2015, vol. 15, no. 4, pp. 39–45.

14. Nagata K. Topographic EEG in Brain Ischemia – Correlation with Blood Flow and Metabolism. *Brain Topogr.*, 1988, vol. 1, no. 2, pp. 97–106.

15. Nagata K., Tagawa K., Hiroi S., Shishido F., Uemura K. Electroencephalographic Correlates of Blood Flow and Oxygen Metabolism Provided by Positron Emission Tomography in Patients with Cerebral Infarction. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 1989, vol. 72, no. 1, pp. 16–30.

16. Korshunov A.E. Fiziologiya likvornoy sistemy i patofiziologiya gidrotsefalii [Physiology of CSF System and Pathophysiology of Hydrocephalus]. *Voprosy neyrokhirurgii im. N.N. Burdenko*, 2010, no. 2, pp. 45–50.

17. Oshorov A.V. *Monitoring tserebral'nogo perfuzionnogo davleniya i autoregulyatsii mozgovogo krovotoka pri intensivnoy terapii tyazheloy cherepno-mozgovoy travmy* [Monitoring of Cerebral Perfusion Pressure and Cerebral Autoregulation During Intensive Care of Severe Traumatic Brain Injury: Diss.]. Moscow, 2016. 284 p.

18. Lundberg N. Continuous Recording and Control of Ventricular Fluid Pressure in Neurosurgical Practice. *Acta Psychiatr. Scand. Suppl.*, 1960, vol. 36, no. 149, pp. 1–193.

19. Avezaat C.J., van Eijndhoven J.H. The Role of the Pulsatile Pressure Variations in Intracranial Pressure Monitoring. *Neurosurg. Rev.*, 1986, vol. 9, no. 1-2, pp. 113–120.

20. Czosnyka M., Pickard J.D. Monitoring and Interpretation of Intracranial Pressure. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 2004, vol. 75, no. 6, pp. 813–821.

21. Minns R.A., Jones P.A., Chambers I.R. Low Frequency Pressure Waves of Possible Autonomic Origin in Severely Head-Injured Children. *Acta Neurochir. Suppl.*, 2008, vol. 102, pp. 85–88.

22. Nilsson H., Aalkjær C. Vasomotion: Mechanisms and Physiological Importance. *Mol. Interv.*, 2003, vol. 3, no. 2, pp. 79–89.

23. Turalaska M., Latka M., Czosnyka M., Pierzchala K., West B.J. Generation of Very Low Frequency Cerebral Blood Flow Fluctuations in Humans. *Acta Neurochir. Suppl.*, 2008, vol. 102, pp. 43–47.

24. Auer L.M., Sayama I. Intracranial Pressure Oscillations (B-Waves) Caused by Oscillations in Cerebrovascular Volume. *Acta Neurochir. (Wien)*, 1983, vol. 68, no. 1-2, pp. 93–100.

25. Lang E.W., Diehl R.R., Timmermann L., Baron R., Deuschl G., Mehdorn H.M., Zunker P. Spontaneous Oscillations of Arterial Blood Pressure, Cerebral and Peripheral Blood Flow in Healthy and Comatose Subjects. *Neurol. Res.*, 1999, vol. 21, no. 7, pp. 665–669.

DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.1.5

*Nadezhda L. Guseva**, *Nikolay B. Suvorov**, *Tat'yana V. Pryanishnikova**

*Institute of Experimental Medicine
(St. Petersburg, Russian Federation)

BLOOD AND CSF FLOW DYNAMICS IN THE BRAIN ACCORDING TO EEG PATTERNS IN OSCILLATORY POSTURAL LOADS

The research aimed to study blood and cerebrospinal fluid (CSF) flow dynamics in the human brain according to electroencephalogram (EEG) patterns under oscillatory postural loads in the form of

passive periodic antiorthostatic head-down tilts of -15° . EEG was recorded continuously by a wireless 21-channel encephalograph. We surveyed 23 subjects aged between 19 and 24 years. Their blood and CSF flow dynamics was evaluated by EEG patterns using a method having high diagnostic accuracy (patent no. 2436503 of 20.12.2011). According to this method, the ratio of mean theta power in the frontal EEG leads (Fp1, Fpz, Fp2, Fz) to that in the parietal EEG leads (P1, Pz, P2) is determined by the coefficient of blood and CSF flow dynamics (C_d), whose normal value is 1.2 or less. Heightened C_d value indicates either disturbed blood and CSF flow dynamics in the brain or intracranial hypertension. Six subjects with signs of disturbed blood and CSF flow dynamics in the brain identified during preliminary examination ($C_d > 1.2$), under postural loads showed either a decrease in the severity of these symptoms or normalization of blood and CSF flow dynamics according to C_d . In the remaining 17 subjects, blood and CSF flow dynamics under postural loads stayed within the normal range. The results allow us to conclude that postural loads in the form of passive periodic antiorthostatic head-down tilts of -15° produce a beneficial effect on cerebral circulation, normalize blood and CSF flow dynamics and do not affect it if it is normal.

Keywords: *postural loads, blood and CSF flow dynamics, electroencephalogram, antiorthostasis.*

Поступила 19.11.2018

Принята 06.12.2018

Received 19 November 2018

Accepted 6 December 2018

Corresponding author: Nadezhda Guseva, *address:* ul. Akademika Pavlova 12, St. Petersburg, Russian Federation;
e-mail: guseva_nad@mail.ru

For citation: Guseva N.L., Suvorov N.B., Pryanishnikova T.V. Blood and CSF Flow Dynamics in the Brain According to EEG Patterns in Oscillatory Postural Loads. *Journal of Medical and Biological Research*, 2019, vol. 7, no. 1, pp. 5–15. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.1.5