УДК 612.82-073.97

DOI: 10.31549/2541-8289-2021-3-37-43

ОСОБЕННОСТИ БЕТА-РИТМА ПРИ ЗАКРЫТЫХ И ОТКРЫТЫХ ГЛАЗАХ У УМЕРЕННО И ВЫСОКОТРЕВОЖНЫХ ЛИЦ

Куликов В.Ю.¹, Антропова Л.К.²¹ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России²ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

Основной вывод, который можно сделать на основании проведенного анализа, заключается в наличии различных реакций бета-ритма на световое воздействие (открытые глаза) у умеренно (УТ) и высокотревожных (ВТ) лиц. При открытых глазах у УТ лиц в правом полушарии исчезли корреляции между FP2-C4, FP2-F4, FP2-O2, FP2-F8, что, с одной стороны, свидетельствует о наличии функциональной межполушарной асимметрии (ФМА) между УТ и ВТ лицами в покое, когда появляются элементы десинхронизации, преимущественно в левом полушарии. С другой стороны, при открытых глазах у УТ лиц процессы выраженной десинхронизации выявляются как в левом, так и в правом полушарии. У ВТ зарегистрирована 100% корреляция между отведениями как при закрытых, так и открытых глазах. Следовательно, принципиальное отличие между УТ и ВТ лицами проявляется в изменении состояния пластичности корковых процессов при обработке поступающей зрительной информации. Если у УТ отмечается состояние дестабилизации корковых процессов, проявляющееся в изменении структуры, корреляция отражает их пластичность (адаптивный резерв), то у ВТ лиц жестко детерминированные корковые взаимоотношения свидетельствуют о нарушениях в системах восприятия и качестве переработки зрительной информации. Следовательно, ЭЭГ-анализ и корреляты бета-ритма могут успешно использоваться для объективной оценки эффективности переработки сенсорной информации и психофизиологического состояния человека в целом и тревожности в частности.

Ключевые слова: альфа-ритм, полушария мозга, межполушарная асимметрия, тревога.

FEATURES OF BETA RHYTHM WITH CLOSED AND OPEN EYES IN PEOPLE WITH MODERATE AND HIGH ANXIETY

Kulikov V.Yu.¹, Antropova L.K.²¹Novosibirsk State Medical University²Novosibirsk State Technical University

The main conclusion that can be drawn on the basis of the analysis is the presence of different beta-rhythm reactions to light exposure (open eyes) in moderate and highly anxious individuals. When the eyes of people with moderate anxiety were open, correlations between FP2-C4, FP2-F4, FP2-O2, FP2-F8 disappeared in the right hemisphere, which, on the one hand, indicates the presence of lateralization of brain function between people with moderate and high anxiety at rest when desynchronization elements appear, mainly in the left hemisphere. On the other hand, when the eyes of people with moderate anxiety are open, the processes of pronounced desynchronization are detected in both the left and right hemispheres. A 100% correlation between the leads was recorded in patients with both closed and open eyes. Hence, the fundamental difference between people with moderate and high anxiety is manifested in a change in the state of plasticity of cortical processes when processing incoming visual information. If people with moderate anxiety have a state of destabilization of cortical processes, manifested in a structure change, the correlation reflects their plasticity (adaptive reserve), then in people with high anxiety the rigidly determined cortical relationships indicate violations in the systems of perception and the quality of visual information processing. Consequently, EEG analysis and beta-rhythm correlates can be successfully used for an objective assessment of the effectiveness of processing sensory information and the psychophysiological state of a person in general and anxiety in particular.

Keywords: alphas rhythm, brain hemispheres, interhemispheric asymmetry, anxiety.

Автор, ответственный за переписку

Куликов Вячеслав Юрьевич: ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, 630091, г. Новосибирск, Красный пр., 52.
E-mail: kulikov_42@mail.ru

Corresponding author

Kulikov Vyacheslav Yurievich: Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny Prospect, Novosibirsk, 630091, Russia.
E-mail: kulikov_42@mail.ru

© ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Проблема тревожности в последние годы приобретает все большее значение не только как элемент состояния стресса, но и как клинический феномен в рамках психосоматической медицины. Сопровождаясь изменением психофизиологического статуса организма, она выступает не только в качестве определенного фактора риска как психических, так и психосоматических заболеваний, но и изменяет картину соматических заболеваний, включая процессы реабилитации в целом. Фундаментальный аспект этого состояния в ряде случаев, формирующихся на грани между здоровьем и заболеванием, является, как нам представляется, изменением характера взаимодействия организма со средой, когда состояние тревожности выступает в качестве модулятора таких взаимодействий, обеспечивая различные уровни и эффективности рецепции, обработки, кодирования и декодирования информации различной модальности [1–3]. Следовательно, можно выделить несколько контуров регуляции информационных процессов в организме, которые, взаимодействуя между собой, определяют состояние психофизиологического комфорта либо дискомфорт, к последнему и относится состояние тревожности. Если оно обусловлено существенной перестройкой вегетативной регуляции и активностью медиаторных систем ЦНС, то сенсорные сигналы, закодированные в виде бинарного кода, реализуются в первую очередь в подкорковых и корковых структурах. Одним из наиболее объективных подходов, который использовался в рамках обсуждаемой проблемы, является изучение реализации светового сигнала в норме у лиц в состоянии тревожности.

Действительно, оценка биоритмов мозга позволяет оценивать как механизмы, так и особенности переработки поступающей информации различной модальности. В одном случае она обусловлена состоянием напряжения и стрессом, в другом — действием вербальных факторов и, наконец, факторов, связанных с воздействием на организм человека слабых экологических (информационных) сигналов, таких как освещение [4, 5]. Среди биоритмов мозга существуют определенные элементы специализации, когда каждый из них, кроме общей реакции, например, на стресс, отражает также характер поступающей в мозг информации и ее модальность [6]. В этом плане особый интерес представляют бета-ритмы, поскольку

изменение их структуры связано как с воздействием вербальных факторов (либо состоянием стресса), так и освещенности, т.е. фактора биофизической природы. Частота колебаний бета-ритма варьирует от 14 до 40 Гц, амплитуда колебания обычно до 20 мкВ. В норме он весьма слабо выражен и в большинстве случаев имеет амплитуду 3–7 мкВ. Регистрируется в области передних и центральных извилин, распространяется на задние центральные и лобные извилины.

Бета-ритм (частота 18–30 Гц) значительно усиливается при различных видах деятельности, связанных с активацией рабочих механизмов мозга. Есть мнение, что наиболее сильное увеличение мощности бета-ритма происходит как при стрессе [7], так и изменении освещенности [8]. Из этого следует, что изменение структуры бета-ритма в условиях одновременного воздействия стресса либо состояния тревожности в целом достигается различными путями за счет формирования специфических корково-подкорковых межнейронных функциональных систем, тесно взаимодействующих между собой. Принципы взаимодействия таких различных по модальности информационных потоков непонятны и требуют детального изучения [9]. Это положение и определило цели и задачи настоящего исследования.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить изменение бета-ритма у УТ и ВТ лиц при закрытых и открытых глазах. Задачи: оценить спектральную мощность бета-ритма у УТ и ВТ лиц при открытых и закрытых глазах с учетом функциональной асимметрии мозга; оценить структуру корреляций у УТ и ВТ лиц при закрытых и открытых глазах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С информированного согласия в исследовании приняли участие 26 практически здоровых студентов 2-го курса педиатрического факультета ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России в возрасте 18–22 лет. Обследование проведено на базе кафедры нормальной физиологии и основ безопасности жизнедеятельности в осенне-зимний период, соответствовало этическим нормам Хельсинкской декларации (2002 г.).

При записи электроэнцефалограммы (ЭЭГ) использовали аппаратно-программный комплекс «Нейрон-Спектр.НЕТ» ООО «Нейрософт» (г. Иваново, Россия). Запись осуществляли не-

прерывно монополярно от 16 областей коры: Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, P3, P4, T3, T4, T5, T6, O1, O2 по международной системе «10-20». В качестве референта использовали соединенные ушные электроды.

Запись ЭЭГ проводили в положении сидя с закрытыми глазами последовательно в течение 6 мин в состоянии спокойного бодрствования, а затем с открытыми глазами. Для анализа отбирали эпохи по 6 с, не содержащие артефактов немозгового происхождения. Для каждой ЭЭГ-эпохи рассчитывали спектр мощности (СпМ) в диапазоне бета-частот и когерентность, затем определяли эти показатели для обоих полушарий. С использованием опросника Спилбергера [10] оценивали состояние тревожности обследуемых, среди которых выделялись умеренно (УТ) и высокотревожные лица (ВТ). Каждая из обследуемых групп состояла из 13 чел.

Статистический анализ полученных данных проводили по единичным (отдельным) ЭЭГ-эпохам с использованием WinEEG программы и различных пакетов прикладных программ STATISTICA-7.0. Для обработки полученных данных использовались непараметрические методы анализа как для зависимых, так и независимых переменных, корреляционный анализ по методу Спирмена. Различия считались достоверными при $p \leq 0,05$.

Таблица 1

Изменение спектральной мощности бета-ритма при закрытых и открытых глазах в состоянии спокойного бодрствования у практически здоровых лиц с разным уровнем тревожности ($M \pm m$)

Отведения	УТ лица			ВТ лица		
	ЗГ	ОГ	p	ЗГ	ОГ	p
Fp1	-1,01 ± 0,06	-0,96 ± 0,07	Нд	-0,89 ± 0,11	-0,96 ± 0,06	Нд
Fp2	-1,06 ± 0,06	-1,04 ± 0,07	Нд	-0,94 ± 0,12	-0,97 ± 0,10	Нд
F3	-0,98 ± 0,06	-1,02 ± 0,05	Нд	-0,87 ± 0,11	-0,99 ± 0,06	Нд
F4	-1,00 ± 0,06	-1,09 ± 0,06	≤ 0,02	-0,90 ± 0,13	-1,03 ± 0,06	Нд
C3	-0,95 ± 0,07	-1,03 ± 0,05	Нд	-0,80 ± 0,12	-0,99 ± 0,05	≤ 0,02
C4	-0,97 ± 0,05	-1,11 ± 0,05	≤ 0,01	-0,83 ± 0,13	-1,05 ± 0,06	≤ 0,01
P3	-0,90 ± 0,06	-1,06 ± 0,05	≤ 0,001	-0,73 ± 0,13	-1,00 ± 0,06	≤ 0,006
P4	-0,89 ± 0,05	-1,11 ± 0,04	≤ 0,008	-0,73 ± 0,14	-1,04 ± 0,06	≤ 0,004
O1	-0,72 ± 0,06	-1,00 ± 0,05	≤ 0,002	-0,57 ± 0,13	-0,89 ± 0,09	≤ 0,005
O2	-0,76 ± 0,05	-1,05 ± 0,05	≤ 0,002	-0,57 ± 0,14	-0,98 ± 0,07	≤ 0,001
F7	-1,02 ± 0,06	-1,01 ± 0,05	Нд	-0,93 ± 0,11	-1,02 ± 0,06	Нд
F8	-1,04 ± 0,06	-1,11 ± 0,07	Нд	-0,97 ± 0,13	-1,09 ± 0,07	Нд
T3	-0,99 ± 0,06	-1,02 ± 0,06	Нд	-0,86 ± 0,11	-1,03 ± 0,06	≤ 0,04
T4	-1,01 ± 0,06	-1,13 ± 0,06	≤ 0,02	-0,89 ± 0,13	-1,09 ± 0,06	≤ 0,01
T5	-0,96 ± 0,06	-1,06 ± 0,06	≤ 0,04	-0,81 ± 0,12	-1,03 ± 0,07	≤ 0,01
T6	-0,95 ± 0,05	-1,14 ± 0,05	≤ 0,01	-0,80 ± 0,13	-1,09 ± 0,06	≤ 0,008

Примечание: УТ — умеренно тревожные; ВТ — высокотревожные; ЗГ — закрытые глаза; ОГ — открытые глаза; p — уровень достоверности (равный и меньше указанной величины), Нд — недостоверные данные.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе работы оценивались показатели мощности бета-ритма у УТ и ВТ лиц, данные о которых представлены в табл. 1. Проведен сравнительный анализ мощности бета-ритма в симметричных отведениях полушарий в условии покоя у УТ и ВТ лиц: вычисляли коэффициент межполушарной асимметрии (МА) путем деления значения мощности левого полушария на величину мощности правого полушария. Результаты представлены на рис. 1.

Проведенный анализ полученных данных показал наличие синхронного изменения активности бета-ритма у УТ и ВТ при открытии глаз независимо от функциональной межполушарной асимметрии (ФМА). Достоверные и синхронные изменения спектральной мощности при открытых глазах у УТ и ВТ наблюдались в затылочных, теменных, лобных, височных и задневисочных отведениях независимо от ФМА. Величина спектральной мощности у УТ и ВТ как при закрытых, так и открытых глазах между собой достоверно не отличалась.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что СпМ бета-ритма у УТ и ВТ практически здоровых лиц не отличается между собой как в исходном состоянии (закрытые глаза), так и при их открытии.

Как видно из табл. 1, наиболее наглядно изменение бета-ритма при открытии глаз наблю-

Рис. 1. Показатели коэффициента (К) межполушарной асимметрии мощности бета-ритма в условии спокойного бодрствования при закрытых глазах у УТ и ВТ лиц

дается в затылочных отведениях (О1-О2) независимо от ФМА, был проведен корреляционный анализ между этими (О1 и О2) и другими отведениями уже с учетом ФМА. Проведенный анализ показал наличие различной структуры корреляций в отсутствии и наличии световой нагрузки у УТ и ВТ лиц, что представлено на втором этапе данной работы. Как оказалось, основные изменения наблюдались у УТ лиц при открытых глазах, т.е. в условиях световой нагрузки, как в левом, так и правом полушарии.

Первое состояние — это структура корреляций в левом полушарии (ЛП) в группах УТ и ВТ при закрытых глазах. При закрытых глазах в ЛП в группе УТ исчезли корреляции между О1-FP1, F7-O1, в группе ВТ выявлена 100% корреляция между соответствующими отведениями.

Второе состояние — в правом полушарии (ПП) при закрытых глазах во второй группе 100% корреляция, в первой группе исчезли корреляции между P4-F4, O2-F8, FP2-O2, P4-F8.

Третье состояние — при открытых глазах в группе УТ в левом полушарии исчезли корреляции с FP1, F3-O1, C3-O1, O1-F7, O1-T3, в группе ВТ 100% корреляция.

Четвертое состояние — в правом полушарии в группе УТ при открытых глазах исчезли корреляции FP2-C4, FP2-F4, FP-O2, FP2-F8, у ВТ — 100% корреляция.

Основной вывод, который можно сделать на основании проведенного корреляционного анализа, заключается в наличии различных реакций бета-ритма на световое воздействие (открытые глаза) у УТ и ВТ лиц. Наиболее выраженные процессы десинхронизации бета-ритма выявлены у УТ лиц в левом полушарии как при закрытых, так и открытых глазах, что отражает струк-

туру информационного паттерна в условиях умеренной и высокой тревожности. Следует также отметить, что при открытых глазах у УТ лиц в правом полушарии исчезли корреляции между FP2-C4, FP2-F4, FP2-O2, FP2-F8, что свидетельствует, с одной стороны, о наличии ФМА между УТ и ВТ лицами в покое, когда появляются элементы десинхронизации, преимущественно в левом полушарии. С другой стороны, при открытых глазах у УТ лиц процессы выраженной десинхронизации выявляются как в левом, так и в правом полушарии. У ВТ выявлялась 100% корреляция.

Частично характер этих изменений представлен на рис. 2–3. С учетом активной заинтересованности в восприятии световой информации затылочных отведений (О1 и О2) мы просчитали корреляции между этими отведениями и остальными на всех этапах обследования.

Достаточно наглядно видна основная тенденция изменения корреляций, проявляющаяся в достоверном снижении корреляционного паттерна в ЛП у УТ лиц как в исходном состоянии, так и при действии света (открытые глаза). В правом полушарии у УТ лиц эта закономерность проявляется так же, но в меньшей степени. Причем наиболее наглядные изменения проявляются в лобно-полюсных отведениях (FP2). В группе ВТ лиц (рис. 3) практически полностью отсутствуют изменения корреляций между отведениями, хотя в правом полушарии так же, как и у УТ лиц, выявляется реакция на открытие глаз в отведении FP2.

Таким образом, проведенные исследования показали важную роль состояния тревожности индивида на его реакцию на световое воздействие. Состояние тревожности в данном случае

Рис. 2. Структура корреляций в затылочном отведении левого и правого полушарий при закрытых (ЗГ) и открытых (ОГ) глазах у УТ лиц: ЗГ — синий цвет; ОГ — красный цвет

выступает в качестве своеобразного модулятора восприятия информации, заложенной в световом факторе. Эффекты такого взаимодействия или интерференции информационных потоков (нейрогуморальных — состояние тревожности плюс световой фактор) реализуются либо в виде изменения паттерна бета-ритма, либо в виде изменения структуры корреляций.

Можно выделить несколько основных итогов проведенного исследования. Во-первых, это увеличение спектральной мощности бета-ритма в ответ на световое воздействие (открытые глаза). Как видно из табл. 1, открытие глаз сопровождается достоверным увеличением мощности бета-ритма как в ЛП, так и в ПП, что согласуется с выводами других исследователей [8], причем синхронные изменения спектральной мощности при открытых глазах у УТ и ВТ наблюдались в затылочных, теменных, лобных, височных и задневисочных отведениях независимо от ФМА. Отсутствие достоверных отличий между изме-

нениями спектральной мощности бета-ритма у УТ и ВТ лиц в условиях открытия глаз свидетельствуют, с одной стороны, об отсутствии у них нарушений в трансформации света в зрительном анализаторе и проводниковых путях, с другой стороны, изменения при этом структуры десинхронизации бета-ритма свидетельствует о наличии других систем переработки световой информации. Известно, что свет, поступающий из окружающей среды, является основным синхронизатором циркадианной системы. Эти процессы реализуются за счет нервных путей, идущих от меланопсин-содержащих ганглиозных клеток сетчатки (МСГК), являющихся фоторецепторами циркадианной системы человека. МСГК составляют 1–2 % от всех ганглиозных клеток сетчатки, их аксоны формируют ретино-гипоталамический тракт, который моносинаптически связывает эти клетки с центром циркадианного регулирования, расположенным в супрахиазматических ядрах гипоталамуса, и пере-

Рис. 3. Структура корреляций в затылочном отведении левого и правого полушарий при закрытых (ЗГ) и открытых (ОГ) глазах у ВТ лиц: ЗГ — синий цвет; ОГ — красный цвет

дают ему информацию о смене освещенности окружающей среды, за счет чего происходит циркаческое изменение активности молекулярно-биохимических реакций и, как следствие, физиологических процессов организма в течение суток [11]. Кроме того, сетчатка млекопитающих способна к фоторецепции, не связанной со зрительной функцией [4, 12]. Эти результаты подтвердили гипотезу, что у человека за циркадианные реакции ответственен отдельный фотопигмент, и пиковая абсорбция света у него отличается от таковой у фотопигментов палочек и колбочек.

Показано, что если не прямые проекции от СХЯ идут к холинергическим, орексиновым и аминергическим группам клеток в переднем мозге и стволе мозга, участвующим в регуляции процессов возбуждения ЦНС [13], то световой сигнал, получаемый сетчаткой, передается в СХЯ по ретиногипоталамическому пути, затем в паравентрикулярное ядро гипоталамуса, потом в верхний шейный симпатический узел через боковые рога спинного мозга и в итоге поступает в эпифиз, где секретируется мелатонин из его предшественника триптофана [8].

При изучении механизмов рецепции информации при смене окружающей среды и влиянии его на структуру сна показано [5], что при действии света (моделирование состояния рассвета) не изменялась концентрация нейротрофического фактора (BDNF), как и показателей вегетативной нервной системы и метаболизма, что подтверждает положение, высказанное авторами, что рецепция светового сигнала в организме человека реализуется различными механизмами и наличием в этом случае различных эффекторных систем.

Стимулирующее действие яркого белого света (в сравнении с неярким красным) на уровень бодрствования не сопровождалось значимым действием на энергообмен (потребление кислорода в покое, частоту сердечных сокращений, концентрацию кортизола и альфа-амилазы в слюне) у женщин с депрессией и из группы здорового контроля. Поскольку это воздействие не сопровождается изменением активности нейротрофического фактора и систем вегетативной регуляции, но реализуется в виде положительного клинически документированного эффекта, это позволило предполагать иной (кроме известного) механизм повышения уровня бодрствования при условиях изменения освещенности [14].

Следовательно, возвращаясь к анализу реакции кортикальных нейронов в условиях откры-

тых и закрытых глаз у УТ и ВТ лиц, можно выдвинуть предположение о двойственности проекций света на их активность. С одной стороны, это воздействия, которые определяют спектральную активность кортикальных нейронов, которая не изменяется как при закрытых, так и открытых глазах у УТ и ВТ лиц, с другой — это достоверное изменение межнейронных взаимоотношений, выявляемое с использованием корреляционного анализа. Показательно, что как у УТ, так и ВТ лиц практически не изменяется функция активности нейронов, но развивается состояние дестабилизации, которое и регулируется базовыми нейроэндокринными и вегетативными системами, по-видимому, у ВТ лиц, изменяющих качество воспринимаемой зрительной информации, тем самым влияя на эффективность когнитивных и психофизиологических процессов.

Такая реакция кортикальных нейронов у УТ и ВТ лиц отражает, очевидно, фундаментальные механизмы переработки информации в биологических системах в целом и ЦНС в частности. Процесс конкуренции между различными модами разрешает фундаментальное противоречие между надежностью и чувствительностью к слабым информационным сигналам [9]. Такое противоречие реализуется за счет состояния дестабилизации функций [3, 15], для которого характерен процесс «выбора стратегии» формирования той или иной функциональной системы в зависимости от экстремальности действующего фактора. Наличие хаотических фаз означает их быстрое реагирование на воздействие социальных или биологических стрессов. Такой пластичности не наблюдается у людей с депрессией или склонных к панике [9].

Универсальность такого типа реагирования осуществляется, например, по аналогии с деятельностью сердца, когда необходима определенная вариабельность сердечной деятельности как показателя оптимальных взаимоотношений между элементами вегетативной нервной системы. В этом случае (например) метрономизация диастолы является отражением процессов дезадаптации и предшественником более глубоких и крайне опасных изменений сердечной деятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основании проведенного анализа полученных данных можно заключить, что принципиальное отличие между УТ и ВТ

лицами проявляется в изменении состояния пластичности корковых процессов при обработке поступающей зрительной информации. Если у УТ состояние дестабилизации корковых процессов, проявляющееся в изменении структуры корреляций, отражает их пластичность (адаптивный резерв), то у лиц ВТ жестко детерминированные корковые взаимоотношения свидетельствуют о глубоких нарушениях в системах восприятия и качества переработки зрительной информации. Следовательно, ЭЭГ-анализ и корреляты бета-ритма могут успешно использоваться для объективной оценки эффективности переработки сенсорной информации, диагностики психофизиологического состояния человека в целом и тревожности в частности.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черный С.В., Павленко В.Б. Тревожность, ее ЭЭГ-корреляты и возможные механизмы // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер.: Биология, химия. 2004. Т. 17 (56), № 1. С. 89–98.
2. Куликов В.Ю., Пиковская Н.Б., Арчибасова Е.А. На путях к интегративной физиологии и медицине: моногр. Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. 123 с.
3. Куликов В.Ю., Антропова Л.К., Арчибасова Е.А. Гендерные особенности спектральной мощности альфа-ритма и вариабельности ритма сердца при когнитивной нагрузке у здоровых студентов // Сиб. мед. вестн. 2020. № 3. С. 55–67.
4. Романчук Н.П. Нейрофизиологические корреляты ЭЭГ влияния циркадианной системы на функциональное состояние организма человека: дис. ... канд. мед. наук. Самара, 2020. 167 с.
5. Ivanova I.A., Danilenko K.V., Aftanas L.I. Investigation of an immediate effect of bright light on oxygen consumption, heart rate, cortisol, and α -amylase in seasonal affective disorder subjects and healthy controls // Neuropsychobiology 2016. Vol. 74 (4). P. 219–225. DOI: 10.1159/000477248.
6. Аftanas Л.И. Особенности межполушарного распределения спектров мощности ЭЭГ у высокотревожных индивидуумов в эмоционально-нейтральных условиях и при отрицательной эмоциональной активации // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2005. Т. 55, № 3. С. 322–328.

7. Спиридонова М.Д. Особенности спектров мощности ЭЭГ при переживании чувства страха // Молодой ученый. 2013. № 8 (55). — С. 130–132.
8. Павленко В.Б., Черный С.В., Губкина Д.Г. ЭЭГ-корреляты тревоги, тревожности и эмоциональной стабильности у взрослых здоровых испытуемых // Нейрофизиология. 2009. Т. 41, № 5. С. 400–408.
9. Рабинович М.И., Мюезинолу М.К. Нелинейная динамика мозга: эмоции и интеллектуальная деятельность // Успехи физических наук. 2010. Т. 180, № 4. С. 371–387. DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.0180.201004b.0371>.
10. Дерманова И.Б. Диагностика эмоционально-нравственного развития. Практикум по психодиагностике. СПб.: Речь, 2002. С. 124–126.
11. Hattar S., Liao H.W., Takao M., Berson D.M., Yau K.W. Melanopsin-containing retinal ganglion cells: architecture, projections, and intrinsic photosensitivity // Science. 2002. Vol. 295 (5557). P. 1065–1070. DOI: 10.1126/science.1069609.
12. Foster R.G., Provencio I., Hudson D. et al. Circadian photoreception in the retinally degenerate mouse (rd/rd) // J. Comp. Physiol. 1991. Vol. 169 (1). P. 39–50. DOI: 10.1007/BF00198171.
13. Aston-Jones G. Brain structures and receptors involved in alertness // Sleep Med. 2005. Vol. 6 (Suppl. 1). P. S3–7. DOI: 10.1016/s1389-9457(05)80002-4.
14. Иванова Я.А., Водяницкий С.Н., Урюмцев Д.Ю. и др. Немедленное действие яркого света на потребление кислорода в покое при сезонном аффективном расстройстве // Сиб. науч. мед. журн. 2016. Т. 36, № 3. С. 89–93.
15. Казначеев В.П. Очерки теории и практики экологии человека. М.: Наука, 1983. 260 с.

Поступила 01.03.2021

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Куликов Вячеслав Юрьевич — д-р мед. наук, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры нормальной физиологии и основ безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Антропова Людмила Кондратьевна — канд. мед. наук, доцент кафедры психологии и педагогики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет».

Образец цитирования: Куликов В.Ю., Антропова Л.К. Особенности бета-ритма при закрытых и открытых глазах у умеренно и высокотревожных лиц // Сиб. мед. вестн. 2021. № 3. С. 37–43.