

## НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ СТРЕССА В ПЕРИОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ОСТРЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Поступила 12.07.13

Во время санаторно-курортного лечения проведено комплексное обследование группы из 14 пациентов-мужчин, перенесших инфаркт миокарда или инсульт. Группой контроля служили 14 мужчин сравнимого возраста (в среднем порядка 55 лет) с отсутствием выраженных заболеваний сердечно-сосудистой системы (ССС). Обследование проводилось с использованием аппаратно-программного комплекса, позволяющего одновременно регистрировать ЭКГ, ЭМГ, ЭЭГ, респираторные движения, пульсовое кровенаполнение, температуру кожи, электрокожное сопротивление и ряд других показателей. Обнаружено, что для пациентов были характерны существенное увеличение электрокожной проводимости, выраженное тахипноэ и некоторые тенденции к тахикардии и снижению температуры кожи. Согласно показателям variability сердечного ритма (ВСР) среднее значение стресс-индекса, по Баевскому, у пациентов почти втрое превышало аналогичную величину в группе контроля, а общая мощность спектра ВСР была резко (также почти втрое) сниженной. Амплитуда тонической ЭМГ-активности *mm. trapezii* в состоянии покоя значительно превышала таковую у контрольных субъектов. Амплитуда ЭЭГ-осцилляций с частотой 8–13 Гц в отведении Cz у пациентов была несколько ниже, чем в контрольной группе, а увеличение данного показателя в пробе с закрытием глаз было у них выражено значительно хуже, чем в контроле. Параллельная регистрация ряда физиологических (прежде всего нейрофизиологических) показателей позволяет эффективно определять объективные маркеры состояния стресса после осложнений заболеваний ССС; соответствующие данные могут быть использованы в ходе процедур управления функциями организма на основе обратных связей по параметрам деятельности его систем (biofeedback control, компьютерное биоуправление).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** объективные маркеры стресса, автономная регуляция, сердечно-сосудистая система, variability сердечного ритма, ЭМГ покоя, ЭЭГ.

### ВВЕДЕНИЕ

Патологии сердечно-сосудистой системы (ССС), согласно данным ВОЗ, распространены во всем мире исключительно широко и являются наиболее существенным фактором, определяющим структуру смертности [1]. В настоящее время осложнения таких заболеваний, прежде всего инфаркт миокарда, развивающийся в результате ишемической болезни сердца (ИБС), и инсульт головного мозга, являются причиной порядка 30 % всех случаев смерти [2]. Кроме того, выздоровление после тя-

желых осложнений заболеваний ССС весьма часто связано с существенной инвалидизацией пациента, сопровождаемой значительной потерей трудоспособности и снижением качества жизни. Поэтому повышение эффективности реабилитации пациентов, страдающих заболеваниями ССС, является одной из центральных задач современной медицины.

Общепризнано, что длительный и/или чрезмерно интенсивный стресс представляет собой один из важнейших патогенетических факторов, провоцирующих развитие заболеваний ССС [3]. В эпоху информационно-технической революции XX–XXI веков подобный стресс приобрел характер эпидемии, являясь одной из основных причин уменьшения продолжительности жизни и повышения смертности. Преобладающей формой стресса стал

<sup>1</sup> Колледж образования и лечения в Познани (Польша).

<sup>2</sup>Национальная медицинская академия последипломного образования им. П. Л. Шупика МЗ Украины, Киев (Украина).

Эл. почта: yuriy.andriyashkek@nmapo.edu.ua (Ю. И. Андрияшек).

психологический (социальный, профессиональный, семейный, межличностный). Психическими раздражителями в этих случаях являются политико-социальные конфликты, финансовые трудности, неудовлетворенность чрезмерно напряженной или монотонной работой, межличностные конфликты, семейные дисгармонии и т. п. Психологический стресс, проходя стадии активации, тревоги и истощения, может переходить в состояние дистресса с патологически повышенным уровнем тревожности, развитием признаков депрессии, ощущением безнадежности, дезорганизацией психической деятельности, т. е. в стадию срыва [4]. Психологический стресс, хронический или острый, особенно при наличии генетической предрасположенности, приводит к резкому повышению риска таких патологий, как артериальная гипертензия и ИБС, или непосредственно к развитию соответствующих заболеваний. Распространенными осложнениями последних являются инфаркт миокарда и инсульт.

Естественно, что обострение заболевания ССС и развитие упомянутых осложнений сами по себе являются мощнейшими стрессогенными факторами. Взаимодействие влияний объективных функциональных расстройств, обусловивших развитие основного заболевания ССС, связанных с указанными осложнениями и вызывавших ухудшение психологического состояния пациентов в период выздоровления после таких осложнений, приводит к развитию стрессового состояния, которое, очевидно, целесообразно квалифицировать как постморбидную фазу стресса. Этот стресс может являться мощным негативным фактором, существенно осложняющим процесс реабилитации пациентов после указанных тяжелых заболеваний и ухудшающим прогноз.

Известно, что обусловленные стрессом реакции проявляются практически во всех физиологических системах организма. Эти реакции были предметом многочисленных исследований, однако в большинстве работ внимание концентрировалось на отдельных соответствующих феноменах. До настоящего времени не проводилось комплексного изучения достаточно широкого набора изменений физиологических показателей, связанных со стрессом, и это, естественно, затрудняет поиск информативных объективных (прежде всего, нейрофизиологических) маркеров стрессовых состояний. Использование современных аппаратно-программных комплексов, позволяющих практически синхронно регистрировать весьма многочисленные физиологи-

ческие показатели, может способствовать заметному прогрессу в этом аспекте. В ходе комплексного изучения физиологических маркеров стресса следует ожидать получения ценных данных, необходимых для проведения патогенетически обоснованной реабилитации упомянутого выше контингента пациентов с применением методик управления функциями организма и его систем на основе обратных связей по параметрам деятельности указанных систем (biofeedback control, компьютерного биоуправления) [5]. Такое направление, основанное на немедикаментозных лечебных воздействиях на организм, в настоящее время находится в процессе интенсивного развития.

## МЕТОДИКА

Мы провели комплексное обследование группы из 14 пациентов-мужчин (средний возраст  $56.3 \pm 1.0$  год) с острым осложнением заболевания ССС в анамнезе (инфаркт миокарда или инсульт средней тяжести, перенесенные за один–три месяца до обследования). Обследование осуществлялось во время прохождения реабилитационного курса санаторно-курортного лечения в клиническом санатории «Жовтень» (Киев, Украина). Группой контроля служили 14 мужчин сравнимого возраста ( $55.1 \pm 2.1$  года), у которых, согласно данным медицинских карт, выраженные заболевания ССС и их осложнения не диагностировались.

В ходе обследования использовался аппаратно-программный комплекс Nexus-10 Mark II (“Mind Media B.V.”, Нидерланды). Указанный комплекс соответствует требованиям Европейской директивы для медицинских устройств (93/42 ЕСС) и класса II медицинских устройств США (пункт 510К, FDA, секция 822.5050). Комплекс позволяет производить параллельный 10-канальный мониторинг ряда физиологических параметров организма человека и реализовывать регуляцию его функциональных систем с использованием техники обратной связи по значениям соответствующих параметров; применяется беспроводная технология “Bluetooth”. Комплекс с программным обеспечением “Biotrace+” (версия 2013 г.) дает возможность одновременно регистрировать ЭКГ, ЭМГ, ЭЭГ, респираторные движения, пульсовое кровенаполнение, температуру кожи, электрокожное сопротивление и ряд других показателей. Применение специальных кабелей датчиков с активной защитой от внешних воздей-

ствий позволяет обеспечивать практическое отсутствие помех при записи в используемых диапазонах усилений.

Физиологические показатели у испытуемых основной группы и группы контроля регистрировали утром (7.00–8.00) натощак. Обследуемые находились в положении полулежа в релаксационном кресле в состоянии покоя. Длительность регистрации фоновых значений параметров, как правило, составляла 5 мин.

Регистрация ЭКГ выполнялась согласно общепринятой методике. Полученные записи подвергались визуальному анализу экспертов-клиницистов; на основании этих записей с использованием программного обеспечения комплекса определяли также значения основных временных и спектральных показателей variability сердечного ритма (ВСР). ЭМГ-активность могла отводиться от различных мышц с применением поверхностных гелевых адгезивных электродов; система фиксации последних обеспечивала минимизацию возможных неприятных ощущений для обследуемого. Частотные характеристики каналов усиления ЭМГ регулировались с помощью цифровых фильтров; нижняя и верхняя границы полосы пропускания составляли 100 и 500 Гц соответственно. Сигналы ЭМГ могли подвергаться полному выпрямлению и низкочастотной фильтрации (интеграции).

Полоса пропускания трактов усиления сигналов ЭЭГ соответствовала 1.0–45 Гц. Использовали стандартную схему расположения отводящих электродов в соответствии с международной системой «10–20»; референтный и заземляющий электроды находились на мастоидальных отростках. В настоящей работе измеряли средние амплитуды осцилляций основных ритмов ЭЭГ (мкВ); частотные границы последних соответствовали наиболее широко принятым. Рассчитывали также значения тета/бета-коэффициента. Записи ЭЭГ производили с открытыми и закрытыми глазами. Проба с закрыванием глаз, что должно было обуславливать возрастание амплитуды колебаний альфа-диапазона, характеризующее способность испытуемого к релаксации, выполнялась по следующей схеме: 60 с регистрации ЭЭГ с открытыми глазами, 30 с – с закрытыми и 30 с – вновь с открытыми глазами.

Применение методики фотоплетизмографии с использованием оптоэлектронного инфракрасного датчика на указательном пальце недоминантной руки позволяло охарактеризовать относительную интенсивность кровотока (по амплитуде пульсово-

го кровенаполнения, мВ) и измерять среднюю частоту сердечных сокращений (ЧСС, мин<sup>-1</sup>). Частота дыхательных движений (ЧДД, мин<sup>-1</sup>) определялась с помощью магнитного сенсора на эластичном поясе, который располагался вокруг туловища на 2 см выше пупка. Датчик электрокожного сопротивления включал в себя два неполяризуемых (Ag–AgCl) электрода, фиксируемых на третьем и четвертом пальцах недоминантной руки. Непосредственно измерялась величина, обратная сопротивлению между контактами, – проводимость (мкСм); 24-битовое разрешение позволяло измерять значения проводимости с высокой точностью. Измерение температуры кожи выполнялось в диапазоне 10–40 °С с использованием высокочувствительного датчика, фиксированного с помощью липкой ленты на третьем пальце доминантной руки. Температура в помещении, в котором выполнялись измерения, была стабилизирована на уровне 22 °С; необходимость такой меры обуславливалась тем, что внешняя температура могла влиять на значения температуры кожи пальца руки, а заметные отклонения температуры среды в ту или иную сторону могли вызывать ощущение дискомфорта у испытуемых.

Рассчитывались средние значения числовых данных и среднеквадратические отклонения. Межгрупповые сравнения производились с использованием *t*-критерия Стьюдента, поскольку распределения числовых значений в группах могли в подавляющем большинстве случаев считаться соответствующими нормальному закону.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Электрокожное сопротивление, существенно зависящее от активности симпатической нервной системы и уровня эмоционального напряжения и определяемое, прежде всего, уровнем активности потовых желез, значительно изменяется в условиях стресса [6]. Для условий наших тестов были приняты следующие нормативные значения проводимости при положении электродов на третьем и четвертом пальцах руки: проводимость в пределах 1–2 мкСм считалась нормальной, 3–6 мкСм – повышенной и 6–10 мкСм – очень высокой. Как видно из таблицы, средняя величина проводимости у большинства здоровых испытуемых соответствовала норме, а у пациентов в период реабилитации после острого осложнения заболевания ССС превышала контрольные значения более чем вдвое; разница была высокодостоверной ( $P < 0.01$ ).

Одним из признаков реакции организма на длительный стресс считается некоторое понижение температуры кожи. Для условий нашего обследования диапазон нормальных температур кожи пальцев рук соответствовал 30–34 °С; температура более 34 °С рассматривалась как аномально повышенная, а менее 29 °С – как пониженная. Среднее значение температуры кожи третьего пальца доминантной руки у обследованных основной группы составляло  $32.46 \pm 1.29$ , а у контрольных испытуемых –  $33.21 \pm 0.68$  °С. Таким образом, проявлялась некоторая тенденция к пониженным значениям температуры кожи у пациентов в период восстановления после инсульта или инфаркта по сравнению с контролем, но межгрупповая разница не была достоверной ( $P > 0.05$ ), и оба средних значения находились в пределах нормы. Возможно, следует обратить внимание на значительно бóльшую вариабельность температуры кожи в группе пациентов.

В ходе обследования выявлялись существенные различия ЧДД у испытуемых сравниваемых групп. Для группы контроля среднее значение этого показателя составляло  $14.99 \pm 1.15$ , а для группы пациентов –  $18.79 \pm 1.11$  мин<sup>-1</sup> ( $P < 0.05$ ). Таким образом, для пациентов в период восстановления после инсульта или инфаркта было характерно достаточно выраженное тахипноэ, тогда как в группе контроля ЧДД находилась в пределах нормы для состояния покоя. Величины ЧСС в обеих группах в целом соответствовали пределам нормы, составляя в среднем  $67.50 \pm 2.03$  и  $72.64 \pm 3.69$  мин<sup>-1</sup> в контрольной группе и у пациентов соответственно. Как видно, можно все же отметить некоторую тенденцию к тахикардии у последних (хотя различие и недостоверно;  $P > 0.05$ ) и повышенную дисперсию значений ЧСС у выздоравливающих пациентов. Иными словами, в отношении ЧСС наблюдалась картина, в некоторой степени параллельная той, которая была характерна для ЧДД.

Пожалуй, наиболее значительные различия между основной и контрольной группами обследованных выявлялись при определении показателей ВСР [7, 8]. Стресс-индекс, по Баевскому, существенно превышал норму у всех пациентов, и его среднее значение в указанной группе составляло  $238.74 \pm 25.98$ . В контрольной же группе аналогичное значение данного расчетного показателя равнялось всего  $82.74 \pm 10.73$ . Иными словами, у пациентов усредненная по группе величина индекса Баевского составляла 289 % соответствующего значения в группе сравнения. Пожалуй, не менее серьез-

ные различия обнаруживались и у значений общей мощности спектра ВСР (TP, Total Power). В группе контроля средняя величина данного показателя составляла  $2196.4 \pm 307.7$ , а в группе пациентов – всего  $788.1 \pm 135.4$  мс<sup>2</sup>, т. е. 35.9 % предыдущего значения. В обоих случаях межгрупповые различия были высокодостоверными ( $P < 0.001$ ). Отношения мощностей низко- и высокочастотного компонентов спектра ВСР (LF/HF) в указанных группах оказались весьма близкими ( $P > 0.05$ ).

Для определения возможного воздействия постморбидного стресса на мышечную систему мы использовали отведение интегральной поверхностной ЭМГ от мышц плечевого пояса – *mm. trapezii*. Регистрировалась тоническая фоновая активность этих проксимальных, т. е. слабокортикализованных, мышц [9]. Мы исходили из того, что стресс обычно связан с произвольным повышением фонового напряжения многих мышечных групп в состоянии двигательного покоя. Как оказалось, средняя амплитуда тонической ЭМГ-активности левой *m. trapezius* у обследованных основной группы оказалась на 90 % большей, чем в группе контроля; аналогичное превышение соответствующей величины справа составляло 62 %. Для левой *m. trapezius* межгрупповая разница средних была достоверной ( $P < 0.05$ ), а для правой мышцы она не достигала уровня достоверности, но была к нему весьма близка ( $P = 0.053$ ). Асимметрии интенсивности тонической ЭМГ-активности трапецевидных мышц в группе контроля почти не отмечалось, а у пациентов такая асимметрия была весьма заметной – ЭМГ-активность левой *m. trapezius* была почти у всех обследованных более интенсивной (см. таблицу), что обуславливало значимое различие средних значений ( $P < 0.01$ ).

При регистрации ЭЭГ мы подробно проанализировали результаты отведения от локуса Cz. Таким образом, отведение осуществлялось от участка, соответствующего сенсомоторной коре, и колебания частоты, характерной для альфа-диапазона, в значительной мере являлись так называемым мю-ритмом, отличным по генезу от «классического» окципитального альфа-ритма [10]. При регистрации ЭЭГ в состоянии расслабления с открытыми глазами оказалось, что в отведении Cz усредненная по группе средняя амплитуда колебаний с частотой 8–13 Гц у контрольных испытуемых равнялась  $8.38 \pm 1.44$ , а в группе пациентов –  $6.35 \pm 0.43$  мкВ, т. е. была несколько ниже (межгрупповое различие недостоверно;  $P > 0.05$ ). Проба с закрытием глаз приводила

**Сравнение средних значений физиологических параметров, являющихся возможными маркерами стресса**
**Порівняння середніх значень фізіологічних параметрів, які є можливими маркерами стресу**

Физиологические параметры	Группы		Значение критерия $t$	Вероятность нулевой гипотезы $P$
	контрольная	основная (пациенты)		
Температура кожи, °С	33.21 ± 0.68	32.46 ± 1.29	0.49	0.63
Электропроводимость кожи, мкСм	0.99 ± 0.16	2.12 ± 0.34**	2.83	0.0092
Частота дыхательных движений, мин <sup>-1</sup>	14.92 ± 1.15	18.79 ± 1.11*	2.41	0.0240
Частота сердечных сокращений, мин <sup>-1</sup>	67.5 ± 2.03	72.64 ± 3.69	1.16	0.25
Стресс-индекс, по Баевскому, ед.	82.74 ± 10.73	238.74 ± 25.98***	5.20	0.000032
Общая мощность спектра вариабельности сердечного ритма – ВСР (ТП), мс <sup>2</sup>	2196.4 ± 307.67	788.08 ± 135.37***	4.55	0.000175
Отношение низко- и высокочастотного компонентов спектра ВСР (LF/HF)	1.51 ± 0.19	1.45 ± 0.17	0.24	0.81
Амплитуда фоновой тонической ЭМГ-активности <i>m. trapezius</i> слева, мкВ	1.56 ± 0.09	2.96 ± 0.46 *	2.60	0.018
То же справа, мкВ	1.46 ± 0.07	2.37 ± 0.38	2.07	0.053
Асимметрия тонической активности <i>mm. trapezii</i>	0.98 ± 0.19	1.32 ± 0.08**	3.26	0.0052
Амплитуда ЭЭГ колебаний с частотой 8–13 Гц при открытых глазах, мкВ	8.38 ± 1.44	6.35 ± 0.43	1.56	0.15
То же при закрытых глазах, мкВ	24.82 ± 1.44	11.15 ± 2.24	1.64	0.13
Тета/бета-коэффициент ЭЭГ	1.98 ± 0.18	1.56 ± 0.12	2.02	0.07

Примечания. Приведены значения средних ± среднееквадратическое отклонение. Одной, двумя и тремя звездочками отмечены случаи достоверных межгрупповых различий с  $P < 0.05$ ,  $< 0.01$  и  $< 0.001$  соответственно. Сравнения производились с применением критерия  $t$  Стьюдента

к значительному возрастанию амплитуды осцилляций упомянутого диапазона. В группе контроля такое увеличение оказалось гораздо более существенным, почти трехкратным, по сравнению с 76 %-ным инкрементом у пациентов после инсульта или инфаркта (см. таблицу). У четырех пациентов проба с закрыванием глаз была отрицательной – такое изменение условий отведения не сопровождалось повышением амплитуды ЭЭГ-колебаний с частотой 8–13 Гц. Среднее значение тета/бета-коэффициен-

та в группе контроля равнялось примерно двум, а в группе пациентов – лишь полутора; различие этих величин не достигало уровня статистической достоверности, но было довольно близко к таковому ( $P = 0.07$ ). Значение данного коэффициента у взрослых испытуемых порядка 2.0 не считается выходящим за пределы нормы, но отмеченные выше межгрупповые различия, видимо, все же отражают определенную тенденцию и заслуживают внимания.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Очевидно, что результаты настоящей работы целесообразно рассматривать в определенном смысле как предварительные – прежде всего, из-за относительно небольших размеров обследованных групп и несомненной гетерогенности группы пациентов, включающей в себя лиц с разными диагнозами. Вместе с тем следует полагать, что общим для членов этой группы было наличие серьезных заболеваний ССС (артериальной гипертензии или/и ИБС), что и привело к развитию соответствующих тяжелых осложнений. Выше уже упоминалось, что возникновение таких осложнений – инсульта и инфаркта миокарда – само по себе является мощнейшим стрессогенным фактором. Неизбежное воздействие этого фактора как на физические, так и на психологические характеристики пациентов дает основание квалифицировать рассматриваемую фазу стрессового состояния как постморбидный стресс.

Результаты, полученные в ходе нашей работы, показывают, что одновременная регистрация относительно широкого набора физиологических показателей и расчет на основании полученных данных ряда производных индексов позволяют даже в пределах относительно ограниченной группы пациентов выделить наиболее яркие объективные маркеры упомянутого состояния стресса [3]. Именно такие маркеры, очевидно, следует в первую очередь принимать во внимание при организации лечебных процедур с использованием технологий обратных связей (биоуправления). Наиболее общим феноменом, связанным со стрессом, является интенсивная (зачастую патологически чрезмерная) активация гипоталамо-гипофизарно-симпатоадреналовой оси, и обнаруженные в работе сдвиги ряда физиологических параметров у реконвалесцентов после инфаркта или инсульта в значительной мере связаны с действием именно этого фактора.

Заметное повышение частоты дыхания (тахипноэ) у пациентов основной группы может обуславливать развитие синдрома постоянной гипервентиляции, что требует адекватной коррекции. Тренинги компьютерного биоуправления, направленные на обеспечение диафрагмально-релаксационного дыхания [12, 13], могут оказаться эффективным средством борьбы с упомянутым синдромом. Следует отметить, что параллельно с повышением ЧДД мы не наблюдали у обследованных пациентов драматических сдвигов ЧСС и температуры кожи. Повышение первого из указанных параметров и

снижение второго считаются четкими коррелятами стрессового состояния [3, 6, 7, 9]. Упомянутые показатели оставались в пределах диапазонов физиологической нормы, хотя соответствующие тенденции были достаточно очевидными. Вероятно, данная ситуация в значительной мере обуславливалась тем, что пациенты находились в условиях рекомендованной медикаментозной коррекции для лечения основного заболевания.

В ходе обследования выявлялось значительное превышение величин электропроводности кожи в группе пациентов над соответствующими величинами в группе контроля. Этот факт, очевидно, также указывает на аномально повышенный тонус симпатической нервной системы, что требует адекватной коррекции. В комплексе соответствующих мероприятий, видимо, могут быть использованы тренинги с обратной связью по параметрам кожно-гальванической реакции [14].

Как уже упоминалось, одним из наиболее ярких маркеров постморбидного стресса оказались изменения показателей ВСП. Среднее значение стресс-индекса Баевского в группе пациентов почти втрое превышало аналогичную величину в группе контроля, а общая мощность спектра ВСП у пациентов была существенно (практически также втрое) меньше. Абсолютное значение общей мощности спектра ВСП (TR) интерпретируется как важный коррелят адаптационных возможностей организма. Если TR соответствует 3000–4000 мс<sup>2</sup>, это отражает хороший уровень тренированности и наличие значительных резервов адаптации; показатель 1500–3000 мс<sup>2</sup> соответствует пределам условной нормы (нормальным возможностям функционирования). Если же TR составляет менее 1500 мс<sup>2</sup>, адаптационные возможности организма заметно снижены, наблюдаются астения и снижение трудоспособности. Упомянутые значения индекса Баевского и мощности спектра ВСП в период после перенесенного инсульта или инфаркта соответствовали состоянию выраженного дистресса [11, 15] с возможными дополнительными функциональными нарушениями, обусловленными этим состоянием. Очевидно, что нормализация упомянутых показателей с возвращением их в зону оптимума будет свидетельством повышения адаптационных возможностей организма и критерием эффективности реабилитационных мероприятий.

Важным нейрофизиологическим маркером стресса, очевидно, оказались резкое повышение фоновой тонической активности *mm. trapezii* и прояв-

ления латеральной асимметрии этого показателя. Вероятно, аналогичные сдвиги могут быть обнаружены и у других мышечных групп (прежде всего, относящихся к проксимальной и аксиальной мускулатуре). Уровень фоновой тонической активности мышц, очевидно, также может быть использован как параметр обратной связи в тренингах ЭМГ-биоуправления [16, 17].

Наконец, снижение интенсивности колебаний с частотой альфа-ритма в составе ЭЭГ также рассматривалось как один из результатов влияния стресса на активность головного мозга. В нашей работе мы регистрировали не типичные альфа-осцилляции в затылочных и заднетеменных областях коры, а так называемый мю-ритм в сенсомоторной коре. Он имеет примерно те же частотные характеристики, что и «классический» альфа-ритм, но, очевидно, формируется иными кортикальными/субкортикальными генераторами [10]. Отмечалось, что колебания этого ритма максимальны в состоянии двигательного покоя и подавлялись при инициации произвольных движений или соматосенсорной стимуляции; в то же время уровень визуальной стимуляции слабо влиял на данный ритм. Наши наблюдения в некоторой степени противоречат этим утверждениям. Амплитуда осцилляций с частотой 8–13 Гц, регистрируемых в отведении Cz, у обследуемых группы контроля существенно увеличивалась при закрывании глаз. Данная проба обратна чаще используемой пробе с реакцией ЭЭГ-активации при открывании глаз. Аналогичная реакция у пациентов была также выражена, но значительно хуже. У заметной части реконвалесцентов, входящих в эту группу, проба с закрыванием глаз вообще оказалась отрицательной. Вероятно, упомянутое различие может рассматриваться как свидетельство наличия хронического напряжения в работе ЦНС пациентов, выздоравливающих после инсульта или инфаркта, и ухудшения их способности к релаксации. Не исключено, что данное обстоятельство указывает на возможность проявления расстройств сна у таких лиц. Вероятно, эффективной методикой коррекции характеристик ЭЭГ-активности у пациентов после тяжелых осложнений ССС могут оказаться достаточно хорошо разработанные сеансы обратной связи по показателям упомянутой активности, например альфа-тета-тренинги [18, 19].

Наряду с такими хорошо известными методами, как электротерапия и механотерапия [20], технология компьютерного биоуправления включена в перечень методов лечения, официально применяе-

мых в европейских странах для медицинской реабилитации. Данная технология во многих случаях демонстрирует высокую эффективность, позволяет проводить донозологическую диагностику [8] и индивидуализировать коррекцию функциональных нарушений. Она активизирует защитные силы организма, противодействующие стрессу и психоэмоциональному перенапряжению. Методики биоуправления являются неинвазивными и полностью безболезненными; они почти не имеют противопоказаний и позволяют заметно снизить фармакологическую нагрузку на организм пациентов, проходящих лечение в связи с заболеваниями ССС и их осложнениями.

Соответственно положениям Комитетов по биоэтике Колледжа образования и лечения в Познани и Национальной медицинской академии последипломного образования МЗ Украины, а также принципам, изложенным в Хельсинкской декларации 1975 г., все участники обследования были предварительно информированы о содержании и процедуре тестов и дали письменное согласие на участие в них.

Авторы данной статьи – А. А. Владимиров и Ю. И. Андрияшек – подтверждают, что у них отсутствует конфликт интересов.

*О. А. Владимиров<sup>1</sup>, Ю. И. Андрияшек<sup>2</sup>*

#### НЕЙРОФІЗИОЛОГІЧНІ МАРКЕРИ СТРЕСУ В ПЕРІОД ВІДНОВЛЕННЯ ПІСЛЯ ГОСТРИХ УСКЛАДНЕНЬ ЗАХВОРЮВАНЬ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ

<sup>1</sup> Коледж освіти та лікування в Познані (Польща).

<sup>2</sup> Національна медична академія післядипломної освіти ім. П. Л. Шупика МОЗ України, Київ (Україна).

#### Резюме

Під час санаторно-курортного лікування проведено комплексне обстеження групи із 14 пацієнтів-чоловіків, які перенесли інфаркт міокарда або інсульт. Група контролю була представлена 14 чоловіками порівнянного віку (в середньому порядку 55 років) із відсутністю виражених захворювань серцево-судинної системи (ССС). Обстеження проводилось із використанням апаратно-програмного комплексу, який дозволяв одночасно реєструвати ЕКГ, ЕМГ, ЕЕГ, респіраторні рухи, пульсове кровонаповнення, температуру шкіри, електрошкірний опір і низку інших показників. Виявлено, що для пацієнтів є характерними істотно збільшення електрошкірної провідності, виражене тахіпное та деякі тенденції до тахікардії і зниження температури шкіри. Згідно з показниками варіабельності серцевого ритму (ВСР) середнє значення стрес-індексу, за Басвським, у пацієнтів майже втричі перевищувало аналогічну величину в групі контролю, а

загальна потужність спектра ВСР була різко (також майже втричі) зниженою. Амплітуда тонічної ЕМГ-активності *mm. trapezii* в стані спокою значно перевищувала таку у контрольних суб'єктів. Амплітуда ЕЕГ-осциляцій із частотою 8–13 Гц у відведенні Cz у пацієнтів була дещо нижчою, ніж у контрольній групі, а збільшення даного показника в пробі із заплушенням очей було в них виражено значно гірше, ніж у контролі. Паралельна реєстрація низки фізіологічних (перш за все нейрофізіологічних) показників дозволяє ефективно визначати об'єктивні маркери стану стресу після ускладнень захворювань ССС; відповідні дані можуть бути використані в перебігу процедур управління функціями організму на базі зворотних зв'язків за параметрами діяльності його систем (biofeedback control, комп'ютерне біокерування).

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Мировой отчет по неинфекционным заболеваниям*, ВОЗ, Женева (2010).
2. *Global Atlas on Cardiovascular Disease Prevention and Control*, WHO, Geneva (2011).
3. H. Selye, "Stress and disease," *Science*, **122**, 625-631 (1955).
4. О. В. Бурлака, О. А. Золотарьова, В. В. Стеблюк, *Професійно-соціальний стрес та стрес-індуковані розлади*, Твор. союз «Сталкер», Одеса (2010).
5. Ю. І. Андрияшек, "Комп'ютерне біоуправління", в кн.: *Фізіотерапія*, за ред. О. А. Владимірова, В. В. Єжова, Г. М. Пономаренко, Формат, Київ (2013), с. 311-320.
6. R. Brown and V. Macefield, "Skin sympathetic nerve activity in humans during exposure to emotionally-charged images: sex differences," *Front Physiol.*, **19**, No. 5, 111 (2014).
7. Р. М. Баевский, О. И. Кириллов, С. З. Клецкин, *Математический анализ изменения сердечного ритма при стрессе*, Наука, Москва (1984).
8. Р. М. Баевский, А. П. Берсенева, *Введение в донозологическую диагностику*, Слово, Москва (2008).
9. S. J. Middaugh, W. G. Kee, and J. A. Nicholson, "Upper trapezius overuse in chronic headache and correction with EMG biofeedback training," in: *Proceedings of the Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback. 26th Annual Meeting* (1995), pp. 89-92.
10. J. A. Pineda, "The functional significance of mu rhythms: translating "seeing" and "hearing" into "doing," *Brain Res.-Brain Res. Rev.*, **50**, No. 1, 57-68 (2005).
11. P. A. Hughes, "Instrumentation for heart rate variability: The Nexus system," *Biofeedback*, **36**, 40-42 (2008).
12. W. A. Edmonds, T. D. Kennedy, P. A. Hughes, and P. J. Calzada, "A single-participants investigation of the effects of various biofeedback-assisted breathing patterns on heart rate variability," *Biofeedback*, **37**, No. 4, 141-146 (2009).
13. P. Mikosch, T. Hadrawa, K. Laubreiter, and J. Brandl, "Effectiveness of respiratory-sinus-arrhythmia biofeedback on state-anxiety in patients undergoing coronary angiography," *J. Adv. Nurs.*, **66**, No. 5, 1101-1110 (2010).
14. H. J. Capara, P. D. Eleazer, and R. D. Barfield, "Objective measurement of patient's dental anxiety by galvanic skin reaction," *J. Endod.*, **29**, No. 8, 493-496 (2003).
15. L. Lagos, T. Bottiglieri, B. Vaschillo, and E. Vaschillo, "Heart rate variability biofeedback for postconcussion syndrome: implications for treatment," *Biofeedback*, **40**, No. 4, 150-153 (2012).
16. M. Shestakova, L. Lanskaya, L. Chernikova, and M. Ioffe, "Voluntary control of EMG with or without visual feedback in healthy subjects and patients with poststroke hemiparesis," *Gait & Posture*, **21**, Suppl. 1, S111 (2005).
17. G. E. Sella, "Neuropathology considerations: clinical and SEMG/biofeedback applications," *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*, **28**, No. 2, 93-105 (2003).
18. J. Gruzelier, "A theory of alpha/theta neurofeedback, creative performance enhancement, long distance functional connectivity and psychological integration," *Cogn. Process*, **10**, Suppl. 1, S101-S109 (2009).
19. O. M. Bazanova and L. I. Aftanas, "Individual measures of electroencephalogram alpha activity and non-verbal creativity," *Neurosci. Behav. Physiol.*, **38**, No. 3, 227-235 (2008).
20. *UEMS-PRM-Section: Definition of Physical and Rehabilitation Medicine*, www.euro-prm.org. (2005).