



Мониторинг электродермальной активности для определения стрессовых состояний, эмоциональных нарушений и эффективности проводимых реабилитационных мероприятий по их коррекции у пациентов с инсультами: пилотное исследование

Кузюкова А.А.*, Рачин А.П., Колышенков В.А.

Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Уровень испытываемого пациентами с инсультами стресса (обусловленного тревожно-депрессивными расстройствами, болью и двигательным дефицитом) до настоящего времени сложно адекватно оценить клинически и при помощи существующих диагностических опросников, тогда как нахождение их в состоянии выраженного дискомфорта существенно отражается на общем функционировании и эффективности реабилитационных мероприятий. В связи с вышеуказанным, представляют интерес методики, направленные на объективизацию уровня стресса, такие как определение симпатической активации путем регистрации кожной проводимости, которая, по данным литературы, может являться надежным маркером аффективной патологии и хронической боли.

ЦЕЛЬ. Оценка возможности применения системы мониторинга стрессовых состояний пациента NeonFSC (далее - система NeonFSC) (ПУ № РЗН 2021/16179 от 29.12.2021 г.), для диагностики путем регистрации кожной проводимости стресса, болевых ощущений и патологии эмоциональной сферы у пациентов с инсультами, и определения эффективности влияния проводимых лечебно-реабилитационных мероприятий на коррекцию указанных расстройств.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. Клинико-anamnestически, клинико-неврологически, клинико-психопатологически с использованием диагностических шкал и регистрации электродермальной активности обследовано 35 пациентов с инсультами.

РЕЗУЛЬТАТ И ОБСУЖДЕНИЕ. Система NeonFSC определяет уровень симпатической активации у пациентов с инсультами, соотносящийся с клиническими параметрами (неврологическим дефицитом, степенью выраженности боли, тревоги и депрессии) и помогает оценить динамику испытываемого пациентом дискомфорта в результате проведенных реабилитационных мероприятий. Применение мониторинга электродермальной активности в комплексном обследовании пациентов на 30% повысило диагностику эмоциональной патологии и боли, объективизировало наличие дистресса либо его отсутствие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Система NeonFSC является перспективной для применения в комплексной диагностике и оценке динамики тревожно-депрессивных расстройств, боли, и других вызывающих дистресс состояний, а также для определения адекватности применяемых в реабилитации физических нагрузок при различных заболеваниях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ишемический инсульт, электродермальная активность, кожная проводимость, дистресс, стресс, симпатическая активация, постинсультная реабилитация, постинсультные депрессии, постинсультная боль

Для цитирования: Kuzyukova A.A., Rachin A.P., Kolyshenkov V.A. Electrodermal Activity Monitoring for Stroke Patients Stress States, Emotional Disturbances, Rehabilitation Measures Effectiveness Specification: a Pilot Study. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21 (6): 19-29. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-6-19-29>

*Для корреспонденции: Кузюкова Анна Александровна, e-mail: anna_kuzyukova@mail.ru,

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9275-6491>

Статья получена: 21.10.2022

Поступила после рецензирования: 16.11.2022

Статья принята к печати: 30.11.2022

Electrodermal Activity Monitoring for Stroke Patients Stress States, Emotional Disturbances, Rehabilitation Measures Effectiveness Specification: a Pilot Study

Anna A. Kuzyukova*, Andrey P. Rachin, Vasily A. Kolyshenkov

National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

INTRODUCTION. The level of stress experienced by stroke patients (caused by anxiety-depressive disorders, pain and motor deficiency) is still difficult to assess adequately clinically and with the help of existing diagnostic questionnaires, whereas their presence in a state of pronounced discomfort significantly affects the overall functioning and effectiveness of rehabilitation measures. In connection with the above, of interest are the methods aimed at objectification of stress level, such as determination of sympathetic activation by registration of cutaneous conductivity, which, according to the literature, can be a reliable marker of affective pathology and chronic pain.

AIM. To assess the possibility of using the NeonFSC stress monitoring system, RU No. RZN 2021/16179 dated December 29, 2021 for diagnostics by recording the skin conduction of stress, pain sensations and emotional pathology in stroke patients, and determining the effectiveness of the treatment and rehabilitation measures taken to correct the above disorders.

MATERIAL AND METHODS. Thirty-five stroke patients were examined clinically and anamnesthetically, clinico-neurologically, clinico-psychoopathologically, using diagnostic scales and recording electrodermal activity.

RESULT AND DISCUSSION. The NeonFSC system determines the level of sympathetic activation in stroke patients, correlated with clinical parameters (neurological deficit, severity of pain, anxiety and depression) and helps to assess the dynamics of discomfort experienced by the patient as a result of rehabilitation measures. The use of electrodermal activity monitoring in a comprehensive examination of patients increased the diagnosis of emotional pathology and pain by 30%, objectified the presence of distress or its absence.

CONCLUSION. The NeonFSC system is promising for use in comprehensive diagnosis and assessment of the dynamics of anxiety-depressive disorders, pain, and other distress-inducing conditions, as well as to determine the adequacy of physical activities used in rehabilitation for various diseases.

KEYWORDS: ischemic stroke, electrodermal activity, distress, stress, stroke rehabilitation, depression, pain

For citation: Kuzyukova A.A., Rachin A.P., Kolyshenkov V.A. Electrodermal Activity Monitoring for Stroke Patients Stress States, Emotional Disturbances, Rehabilitation Measures Effectiveness Specification: a Pilot Study. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21 (6): 19-29. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-6-19-29>

***For correspondence:** Anna A. Kuzyukova, e-mail: anna_kuzyukova@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9275-6491>

Received: Oct 21, 2022

Revised: Nov 16 2022

Accepted: Nov 30, 2022

ВВЕДЕНИЕ

Инсульт представляет собой важную медицинскую, социальную и экономическую проблему. В России ежегодно около 550 000 человек переносит ОНМК, из которых 35% заканчиваются летальным исходом, а среди выживших – 1/3 пациентов нуждаются в посторонней помощи, каждый пятый пациент не может самостоятельно передвигаться и лишь 1 из 5 пациентов возвращаются к обычной жизни [1]. У 12-55% пациентов отмечается развитие постинсультной боли [2]. Постинсультные когнитивные нарушения регистрируются у половины пациентов с ОНМК, достигая деменции в 6-27% случаев, их диагностика существенно повышается при использовании развернутого нейропсихологического исследования, в результате которого они выявляются у 96% пациентов с инсультами [3]. В течение первого года частота встречаемости депрессии варьирует от 31,4% до 44,7%, а частота всего спектра депрессивных и тревожных состояний достигает 71% [4, 5]. Вышеуказанные двигательные, когнитивные, эмоциональные нарушения и боль существенным образом отражаются на общем функционировании пациентов с инсультами, доставляя им выраженный дискомфорт,

нередко приводя к состоянию дистресса (чрезмерному напряжению, понижающему возможности организма адекватно реагировать на требования внешней среды), который, в свою очередь, негативным образом отражается на общем функционировании и проведении реабилитационных мероприятий (затягивает их сроки), ухудшает качество жизни и восстановления, увеличивает частоту повторных инсультов, инфарктов, когнитивных нарушений.

В настоящее время для выявления и оценки динамики болевых и эмоциональных расстройств чаще всего используются клинические методы неврологического и психопатологического обследования и различные диагностические шкалы, а уровень стресса зачастую не определяется. При таком подходе, многое в диагностике степени испытываемого пациентом дискомфорта зависит от сведений, предоставляемых самим пациентом и ухаживающими за ними лицами, а также квалификационного уровня специалиста. Нередко, как сами пациенты с инсультом, так и опекающие их люди, относятся к вызывающим дискомфорт нарушениям, как к самим собой разумеющимся в данной ситуации, и оценивают состояние не с позиции нормы, а с позиции

актуальной формы функционирования. Особенно сложно диагностировать эмоциональную патологию и дистресс у лиц с афазией и выраженным когнитивным дефицитом. Авторами, занимающимися проблемами постинсультных депрессий, подчёркивается, что их выявление нередко представляет собой сложную задачу, а рекомендуемые для верификации депрессий диагностические опросники не полностью приемлемы для таких пациентов [6]. В связи с вышеуказанным, представляют интерес методики, направленные на объективизацию оценки уровня стресса и эмоционального фона у таких пациентов.

Развитие стрессовых состояний сопровождается изменением симпатической активации. Одним из способов определения выраженности симпатического возбуждения является регистрация кожной проводимости (КП)/электродермальной активности (ЭДА), являющейся единственной физиологической переменной, не подверженной влиянию парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, поскольку потовые железы иннервируются исключительно симпатическим отделом последней [7, 8]. По результатам исследований отмечается четкая корреляция показателей ЭДА с эмоциональной активностью, депрессией, хронической болью [9-13].

В связи с большой частотой эмоциональных расстройств и боли при инсульте, высокой долей инвалидизации таких пациентов, объективизация уровня испытываемого ими дискомфорта, основанная на регистрации ЭДА, является перспективной и высоко актуальной. Система мониторинга стрессовых состояний пациента NeonFSC (далее – Система NeonFSC) используется для комплексной оценки стресса (симпатического возбуждения, разграничения состояния адаптивного напряжения и повреждающего стресса) и эффективности лечебно-реабилитационных мероприятий с учетом индивидуальных особенностей пациентов. Она безопасна и удобна в использовании, практически не имеет противопоказаний, и представляет собой портативное устройство, состоящее из носимого регистратора ЭДА и моноблока со специальным медицинским программным обеспечением, предназначенным для регистрации, расчета и анализа частотно-временных параметров кожной проводимости.

Регистрация ЭДА осуществляется экзосоматическим методом посредством наложения на ладонную область (tenor и antitenor) двух одноразовых Ag/AgCl электродов. Полученные данные беспроводным способом передаются в моноблок, где производится их обшёт с наглядным отображением на центральном дисплее в виде графического тренда (графика динамики интенсивности действия стимула), диаграммы рассеяния (скаттерграммы) и числовых значений исследуемых показателей (рис. 1). Реализованный на базе Системы NeonFSC способ мониторинга степени активации стресс-системы основан на непрерывной регистрации ЭДА и последующим усреднением этих значений за минутные временные интервалы. База данных, создаваемая системой, позволяет отслеживать индивидуальную динамику

параметров кожной проводимости у пациента и на этой основе определять уровень воздействующего на организм стресса.

ЦЕЛЬ

Определение возможности применения Системы NeonFSC для диагностики стрессовых состояний, боли и патологии эмоциональной сферы у пациентов с инсультами, и оценки эффективности влияния проводимых лечебно-реабилитационных мероприятий на коррекцию указанных расстройств.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Было изучено 70 наблюдений, проведенных на 35 пациентах с инсультами (давших согласие на исследование ЭДА при помощи Системы NeonFSC), проходивших медицинскую реабилитацию на базе ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России. Возраст пациентов варьировал от 38 до 75 лет (средний возраст 55 лет). Период после перенесенного ОНМК – от нескольких недель до двух лет.

Критериями исключения из исследования были: нейровизуализационные признаки опухоли мозга, артериовенозной мальформации, абсцесса мозга, аневризмы сосудов; тяжелая общесоматическая патология; острые инфекционные заболевания; психические заболевания с симптомами острого психического расстройства, шизофрения, шизотипические и бредовые расстройства, болезнь Альцгеймера, выраженные расстройства поведения и социальной адаптации; эпилепсия или признаки судорожной готовности на ЭЭГ; нарушение целостности кожных покровов в области внутренних поверхностей обеих ладоней.

Исследование проходило в 2 этапа: 1-й этап представлял собой первичное обследование при поступлении на реабилитацию, 2-й – заключительное обследование после ее прохождения. Первичное обследование включало в себя регистрацию ЭДА, клинический осмотр со сбором анамнеза, оценкой соматического, неврологического и психического состояния с использованием следующих шкал: Индекс мобильности Ривермид, Шкала оценки мышечной силы, Шкала спастичности Ашфорт (Ashworth Scale); Шкала инсульта Национального института здоровья (NIHS), Визуально-аналоговая шкала боли (ВАШ); Шкала оценки равновесия (Berg Balans Scale); Шкала качества жизни при инсульте (SS-QOL), Шкалы депрессии Бека и Ситуационной и личностной тревожности Спилбергера-Ханина; Монреальская шкала оценки когнитивных функций (МОСА).

При регистрации ЭДА определялись усредненные параметры ЭДА: спектральная мощность реакции кожной проводимости IP; вариабельность спектральной мощности PV; суммарная спектральная мощность КП и интегральный показатель текущего состояния пациента в баллах (отражающие кумулятивный эффект стресса) CSP и DASS (Ср, STD, Min, Max); с наглядным отображением полученных показателей на графическом тренде и диаграмме рассеяния (рис. 1).

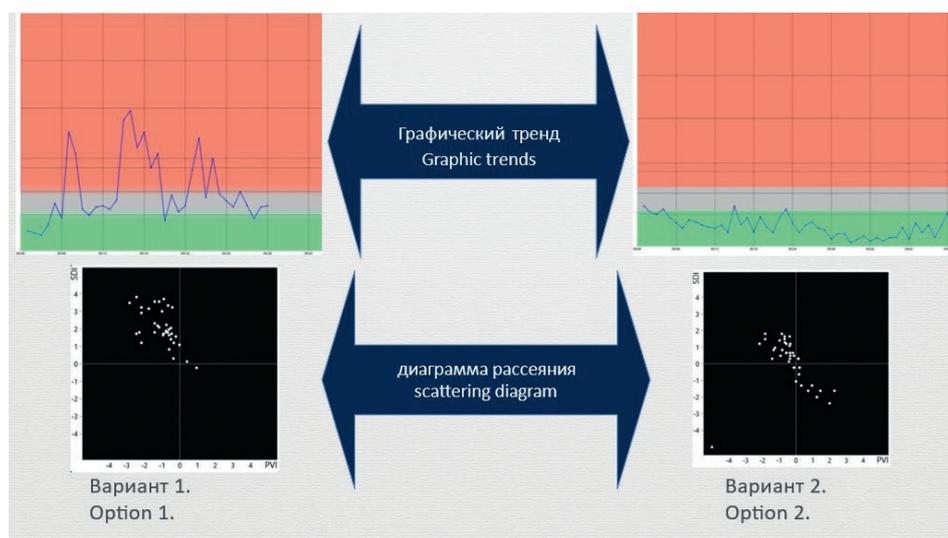


Рис. 1. Показатели кожной проводимости, представленные на графическом тренде и диаграмме рассеяния характеризующие повышенный уровень стресса (вариант 1) и нормальное состояние (вариант 2).

Fig. 1. Skin conductivity indicators presented on a graphical trend and a scattering diagram characterizing an increased stress level (option 1) and a normal state (option 2)

Реабилитационные мероприятия для большинства пациентов (27 человек) включали в себя локальные вихревые ванны для конечностей; низкоинтенсивную лазеротерапию при заболеваниях нервной системы, общую магнитотерапию; групповую лечебную гимнастику, массаж конечности, статокинетические нагрузки с использованием технологии биологически обратной связи. Для меньшей части пациентов (8 человек) амбулаторно проводился курс психотерапевтических методик, направленных на коррекцию эмоционального фона. В случае необходимости применялась соответствующая медикаментозная коррекция: назначение антидепрессантов, транквилизаторов и снотворных препаратов. При повторных обследованиях использовались все вышеперечисленные методы (кроме анамнеза) и учитывался катамнез.

Исследование было одобрено Локальным этическим комитетом (протокол №5 заседания ЛЭК ФГБУ «НМИЦ

РК» Минздрава России от 14.05.2021 г.), все пациенты дали на него письменное информированное согласие. Статистический анализ проводился с помощью программы StatTech v. 2.8.8 (разработчик – ООО «Статтех», Россия).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный корреляционный анализ между клиническими параметрами и показателями ЭДА, CSP и DASS (Хср, STD, Min, Max), 70 изученных наблюдений, установил достоверную ($p > 0,05$) умеренную степень связи по шкале Чеддока показателей шкал депрессии Бека, Ситуационной тревоги Спилбергера-Ханина, Индекса мобильности Ривермид, инсульта NIHSS и Визуально аналоговой шкалы боли с одним или несколькими показателями ЭДА (табл. 1).

Таблица 1. Уровни корреляции по шкале Чеддока показателей DASS и CSP и диагностических шкал

Table 1. Correlation levels on the Cheddock scale of DASS and CSP indicators and diagnostic scales

Шкалы / DASS CSP Scales / DASS CSP	х ср x mean	STD STD	Min Min	Max Max
КЖ / QL	-0,134	0,172	-0,181	-0,096
Бек / Beck	0,274*	-0,193	0,200	0,179
ССТ / SSA	0,277*	-0,432*	0,432*	0,002
СЛТ / SPA	0,146	-0,231	0,248*	0,041
МОСА / MOCA	0,136	-0,109	0,089	0,226
Ривермид / Rivermead	-0,284*	0,311*	-0,296*	-0,012
NIHS / NIHS	0,394*	-0,410*	0,369*	0,255*

Ashworth Scale / Ashworth Scale	0,379*	-0,363*	0,379*	0,214
Мышечная сила / Muscle Strength	-0,156	0,097	-0,097	-0,142
Шкала равновесия Берга / Berg Balance Scale	-0,266	0,325*	-0,289*	-0,038
ВАШ / VAPS	0,207	-0,305*	0,244*	0,024

Примечание: DASS CSP – показатели кожной проводимости, \bar{x} CSP – среднее значение параметра, STD – стандартное отклонение, Min – выборочное минимальное значение параметра, Max – выборочное максимальное значение параметра; КЖ – Шкала качества жизни при инсульте (SS-QOL); Бек – Шкала депрессии Бека; CCT – шкала Ситуационной тревожности Спилбергера-Ханина, СПА – шкала личностной тревожности Спилбергера-Ханина, МОСА – Монреальская шкала оценки когнитивных функций, Ривермид – индекс мобильности Ривермид, НИHS – Шкала инсульта Национального института здоровья; Ashworth Scale – шкала спастичности Ашфорта, Мышечная сила – Шкала оценки мышечной силы, Berg Balance – шкала оценки равновесия Берга (Berg Balance Scale), ВАШ – визуально-аналоговая шкала боли; * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

Note: DASS CSP – skin conductivity indicators, \bar{x} mean CSP – mean parameter value, STD – standard deviation, Min – selective minimum parameter value, Max – selective maximum parameter value; QL – Stroke quality of life scale (SS-QOL); Beck – Beck Depression scale; SSA – Situational anxiety scale Spielberger-Khanin, SPA – Spielberger-Khanin Personal Anxiety Scale, MOCA – Montreal Cognitive Function Assessment Scale, Rivermead – Rivermead Mobility Index, NIHSS – Stroke Scale of the National Institutes of Health; Ashworth Scale – Ashworth Spasticity Scale, Muscle Strength – Muscle Strength Assessment Scale, Berg Balance – Berg Balance Scale, Assessment Scale (Berg Balance Scale) VAPS – visual-analog pain scale; * – the differences in indicators are statistically significant ($p < 0.05$)

Полученные данные свидетельствуют о наличии статистически достоверной взаимосвязи между клиническими параметрами (депрессией, тревогой, болью, неврологическим дефицитом, мобильностью, спастичностью) и показателями ЭДА. В связи с большим количеством измеряемых параметров, и зависимости показателей кожной проводимости от значительного количества клинических переменных, для большей убедительности выявленных корреляций целесообразно проведение расчётов на выборке большего объема.

Анализ полученных результатов 1 этапа исследования установил, что у подавляющего большинства (30-83%) пациентов показатели кожной проводимости соответствовали повышенному уровню стресса. Типичным являлось скопление облака рассеяния на плоскости верхнего левого квадранта скатерграммы, указывающее на повышенное и высокое напряжение организма. На графическом тренде кривая располагалась преимущественно в серой и красной зонах, что характерно для повышенного и высокого уровня симпатического тонуса (рис. 1., вариант 1). Большинство пациентов (70%) со стрессовыми показателями ЭДА субъективно отмечали присутствовавший дискомфорт (предъявляли жалобы на тревогу, подавленность, боль, сложности передвижения, утомляемость), тогда как другие 30% – свое самочувствие оценивали, как хорошее. У остальных 5 (17%) пациентов показатели ЭДА приближались к нормальным: облако рассеяния на скатерграмме распределялись более дисперсно в виде дуги, распространяющейся из верхнего левого квадранта, через центр в нижне-правый, на графическом тренде у большинства пациентов кривая располагалась преимущественно в зеленой зоне (рис. 1., вариант 2), клинически у них не выявлялось боли, тяжелых эмоциональных и когнитивных нарушений.

Непосредственно в период обследования одно-временное наблюдение за состоянием пациента

и графическим трендом позволяло устанавливать факторы, вызывающие дискомфорт, проявляющийся переходом кривой тренда из зелёной в серую и красную зоны:

- 1) эмоционально окрашенные переживания (важные и/или травмирующие события из жизни);
- 2) интеллектуальные усилия при тестировании когнитивных функций (из-за когнитивных нарушений либо, у лиц тревожно-мнительного склада, страха сделать ошибку);
- 3) боль;
- 4) выраженный двигательный дефицит (в случаях, когда для осуществления даже небольших движений приходилось прикладывать значительные усилия).

Анализ динамики показателей графического тренда и скатерграммы до и после проводимых реабилитационных мероприятий позволил разделить полученные результаты на 3 основные группы:

- 1 – группа с отчетливой положительной динамикой по показателям ЭДА (12 пациентов);
- 2 – группа с отсутствующей либо с минимальной динамикой показателей ЭДА (19 пациентов);
- 3 – группа с отрицательной динамикой показателей ЭДА (4 пациента).

У всех пациентов 1 группы на первом этапе исследования регистрировалась ЭДА, характерная для повышенного уровня стресса, наряду с отчетливым двигательным дефицитом (40%), выраженными эмоциональными нарушениями (83%), интенсивной болью (25%) и/или когнитивным дефицитом (20%). В то же время, в сравнении с 2-й и 3-й группами, эти пациенты изначально отличались лучшими показателями по шкалам качества жизни, когнитивных нарушений и неврологическим параметрам, имели более высокие уровни общего функционирования и реабилитационный потенциал, были когнитивно сохранными, мобильнее, перемещались самостоятельно (рис 2.).



Рис. 2. Графики показателей диагностических шкал у трех групп пациентов на 1 и 2 этапах обследования

Примечание: КЖ- Шкала качества жизни при инсульте (SS-QOL); Шкала Бека- Шкала депрессии Бека; Ссит – шкала Ситуационной тревожности Спилбергера-Ханина, Слич -шкала личностной тревожности Спилбергера-Ханина, МОСА – Монреальская шкала оценки когнитивных функций, Ривермид – индекс мобильности Ривермид, NIHS – Шкала инсульта Национального института здоровья; Ashworth Scale-шкала спастичности Ашфорт, Мышечная сила – Шкала оценки мышечной силы, Berg Balans – шкала оценки равновесия Берга (Berg Balans Scale), ВАШ – визуально-аналоговая шкала боли)

Fig. 2. Diagrams of diagnostic scales in three groups of patients at the 1st and the 2nd stages of the examination

Note: Quality of life- Stroke quality of life scale (SS-QOL); Beck Scale – Beck Depression scale; Ssit – Situational anxiety scale Spielberger-Khanin, Slc -Spielberger-Khanin Personal Anxiety Scale, MOCA – Montreal Cognitive Function Assessment Scale, Rivermead – Rivermead Mobility Index, NIHS – Stroke Scale of the National Institutes of Health; Ashworth Scale – Ashworth Spasticity Scale, Muscle Strength – Muscle Strength Assessment Scale, Berg Balans – Berg Balance, Assessment Scale (Berg Balans Scale) VAPS – visual-analog pain scale)

На 2м этапе исследования у пациентов 1-й группы зафиксирована отчётливая положительная динамика показателей ЭДА, носящая статистически достоверный характер ($p>0.5$) (рис. 1, вариант 2; рис. 3). Полученные данные свидетельствовали в пользу снижения изначально повышенного уровня стресса на фоне проведённых реабилитационных мероприятий. У всех пациентов на 2-м этапе исследования имели место и отчётливые клинические улучшения, достигающие статистической значимости ($p>0,05$) по шкалам качества жизни, депрессии Бека, ситуативной и личностной тревожности Спилбергера-Ханина, ВАШ, Ривермид, инсульта NIHSS и мышечной силы, отсутствие положительной динамики по Шкале равновесия Берга обуславливалось изначально высокими ее показателями, исключая получение статистически достоверного улучшения (рис. 2). Таким образом, в 1-й группе положительная динамика симпатической активации совпадала с отчетливой положительной динамикой клинических параметров, что свидетельствовало о положительном влиянии проведенной реабилитации в виде отчетливого

снижения уровня стресса, напрямую коррелирующего с выраженным клиническим улучшением.

У 17 пациентов (89%) 2-ой группы (без заметной динамики показателей ЭДА) изначально имела место симпатическая активация, свидетельствующая о повышенном уровне стресса (рис. 1, вариант 1). У оставшихся 2-х пациентов (11%) показатели ЭДА носили более гармоничный характер (рис. 1, вариант 2). В данной группе, в отличие от 1-й, средние показатели большинства диагностических шкал на первом этапе исследования были значимо хуже (рис.2). Здесь встречалось больше пациентов с выраженным двигательным и когнитивным дефицитом, отличающихся малой мобильностью, утративших трудоспособность и болезненно относящихся к изменению социального статуса и было три пациента с легкими формами инсульта.

На 2-м этапе исследования показатели графического тренда и скатерграммы у пациентов оставались приблизительно на прежнем уровне, равно как и DASS и CSP (M, SDT, Min, Max) (рис. 3).

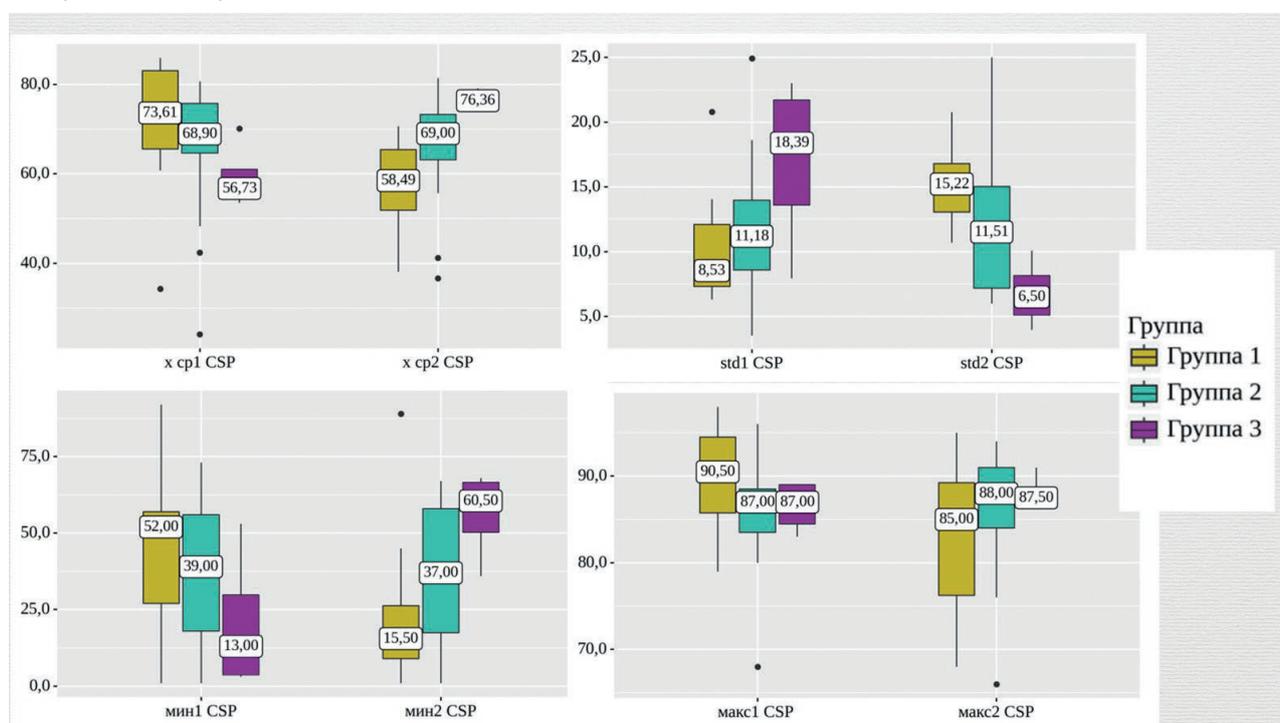


Рис. 3. Графики показателей электродермальной активности трех групп пациентов на 1-м и 2-м этапах обследования

Примечание: *x cp* – среднее значение параметра, *SDT* – стандартное отклонение, *Min* – выборочное минимальное значение параметра, *Max* – выборочное максимальное значение параметра

Fig. 3. Diagrams of electrodermal activity of three groups of patients at the 1st and the 2nd stages of the examination

Note: *x cp* – the average value of the parameter, *SDT* – the standard deviation, *Min* – the sample minimum value of the parameter, *Max* – the sample maximum value of the parameter

Проведенный сравнительный анализ результатов диагностических опросников 1-го и 2-го этапа выявил статистически значимые улучшения ($p>0.5$) по шкалам Качества жизни, депрессии Бека, Мобильности (Ривермид), инсульта NIHSS, спастичности, мышечной силы и баланса Берга, свидетельствующие о положительном эффекте реабилитационных мероприятий (рис. 2). Однако большинство клинических показателей 2-го этапа исследования, несмотря на возможное улучшение, оставались хуже, чем в 1-й группе. Полученные

результаты свидетельствуют о том, что у большинства пациентов 2-й группы после реабилитации сохранялись высокий уровень дискомфорта и низкое качество жизни, обусловленные значительным неврологическим дефицитом, когнитивными, эмоциональными и болевыми нарушениями. У двух пациентов с лёгкими формами инсульта стрессовые показатели ЭДА обуславливались конституциональными характерологическими особенностями.

У 2-х пациентов 2-ой группы (11%) «гармоничные» показатели ЭДА не соотносились с их клиническим состоянием. В одном случае речь шла о пожилой пациентке с легкой формой инсульта, у которой имели место активные высказывания пессимистического плана, предполагавшие наличие депрессии и результаты диагностических шкал, граничащие между нормой и легкой депрессией. Анализ случая, с учетом параметров ЭДА, позволил установить отсутствие объективного стресса и обусловленность жалоб характерологическими особенностями пациентки. У 2-го пациента, имела место обратная ситуация, несмотря на достаточно выраженный неврологический дефицит (вызывающий инвалидизацию и дистресс у большинства пациентов), регистрировались низкие показатели ЭДА, наряду с сохранной трудоспособностью. Анамнестические данные свидетельствовали об изначально очень высоком уровне интеллекта и физического развития, наряду с устойчивостью к высоким и очень высоким психоэмоциональным, умственным и физическим нагрузкам. Данный случай являлся исключением среди всех остальных, демонстрирующим высоко адаптивный к стрессам тип личности.

Таким образом, регистрация ЭДА позволяла улучшить диагностику: определить сохраняющийся дистресс, несмотря на возможные клинические улучшения, выявить субъективно не определяемый дискомфорт, высоко- и неадаптивные к стрессу личностные особенности, исключить депрессию, тем самым избежать гипо- и гипердиагностики.

У 3-х пациентов (75%) 3 группы (с отрицательной динамикой показателей ЭДА) на 1-м этапе симпатическая активность регистрировалась как не стрессовая и у одного пациента (25%) изначально определялся повышенный уровень стресса. 3 пациента (75%) имели выраженный двигательный дефицит, обуславливающий, в сравнении с 1-й и 2-й группами, худшие показатели по шкале инсульта, спастичности и мышечной силы (рис. 2, графики 7-9), несмотря на который, они активно стремились к самостоятельности, повышению своей независимости. 1 пациент (25%) имел легкую форму инсульта с сохранением трудоспособности.

Все испытуемые отличались высокой интеллектуальной сохранностью (рис. 2, график МОСА). На 2-м этапе исследования у всех пациентов данной группы отмечалось отчетливое ухудшение показателей ЭДА (рис. 3, графики). Одновременно, у пациентов с выраженным неврологическим дефицитом имело место заметное клиническое улучшение, проявляющееся в расширении активности, с положительной оценкой своего состояния, при сохраняющейся прежней степени неврологических нарушений. Они были требовательны к себе и, стараясь побыстрее восстановиться, изнуряли себя физическими упражнениями. Стрессовые показатели кожной проводимости обуславливались чрезмерной для них физической нагрузкой. У пациента с легкой формой инсульта, ухудшение показателей ЭДА было связано с неблагоприятной семейной обстановкой. Таким образом, повышение уровня стресса в конце реабилитации происходило от чрезмерной физической активности либо от психоэмоционального дискомфорта, которые не всегда субъективно осознавались.

В результате проведенного пилотного исследования установлено: применение системы NeonFSC у пациентов с инсультами позволяет объективизировать состояние их симпатической активности, которая напрямую зависит от степени испытываемого ими дискомфорта и соотносится с клиническими параметрами. Высокий уровень стресса может обуславливаться выраженным неврологическим дефицитом, болью, тревожными и депрессивными расстройствами, что подтверждается наличием статистически достоверной взаимосвязи ($p > 0.05$) между клиническими параметрами и показателями кожной проводимости (табл. 1).

Регистрация ЭДА в период непосредственного обследования (тестирования, сбора анамнестических сведений) позволяет установить причины, вызывающие дискомфорт (эмоционально окрашенные переживания, двигательный и когнитивный дефицит, повышенную конституциональную тревожность). 30% случаев со стрессовыми показателями кожной проводимости представляли сложность для клинической диагностики, поскольку характер суждений и манеры поведения пациентов не всегда позволяли предположить наличие у них стресса, что обуславливалось различными причинами:

1) хронической болью, на которой пациенты не фиксировались;

2) наличием конкурирующих переживаний (когда события, вызывающие оптимизм, активно транслировались, а представляющие дискомфорт, опускались, либо сообщались вскользь, производя впечатление неактуальных);

3) конституциональными особенностями (скрытые акцентуации характера тревожно-мнительного типа, лица с алекситимией, склонные к развитию психосоматозов);

4) выраженным когнитивным снижением с невозможностью критически оценивать ситуацию (пациенты выглядели благодушными, заявляли, что у них все в порядке).

У большинства поступающих на реабилитацию пациентов с инсультами (83%) регистрировались стрессовые показатели кожной проводимости. Поскольку чрезмерная симпатическая активация носит неспецифический характер, и может обуславливаться различными причинами, для их конкретизации необходим тщательный клинический анализ каждого наблюдения. Исследование показало, что регистрация повышенного уровня симпатической активации свидетельствует о дискомфорте (стрессе), который может субъективно не ощущаться, тогда как гармоничные показатели ЭДА – за его отсутствие.

Мониторинг ЭДА позволял исключить наличие депрессии и стресса в состояниях, которые клико-анамнестически это подразумевали (активные жалобы пациентов, выраженный неврологический дефицит, трагические ситуации), однако уровень симпатической активации свидетельствовал об отсутствии дискомфорта, что подтверждалось наблюдением за такими пациентами в динамике. Таким образом, учет показателей кожной проводимости в комплексном обследовании пациентов помогал улучшить диагностику: выявить

наличие стресса либо его отсутствие в клинически сложных случаях.

Наблюдение за динамикой состояния, проходящих реабилитацию пациентов с ОНМК, с использованием мониторинга ЭДА, установило, что отчетливое клиническое улучшение (уменьшение неврологического дефицита, снижение боли, выравнивание эмоционального фона) у пациентов с относительно нетяжелыми формами инсультов сопровождаются статистически достоверным улучшением показателей симпатической активации со стрессовых до нормальных. Тогда как у пациентов, с отсутствием значимого клинического улучшения и с более тяжелыми формами ОНМК (даже при хорошей клинической динамике последних, но сохраняющемся низком уровне общего функционирования) показатели кожной проводимости остаются на прежнем высоком уровне. Без динамики остаются и случаи, у которых уровень стресса обуславливался конституциональными высоко- и неадаптивными к стрессу личностными особенностями. Ухудшение показателей ЭДА в конце реабилитации с повышением их до стрессовых величин происходило у пациентов с тяжелым неврологическим дефицитом (выраженными парезами и пlegией конечностей) и было связано с чрезмерными физическими нагрузками. В других случаях причиной выраженного дискомфорта являлись актуализировавшиеся психоэмоциональные переживания (страх беспомощности при пребывании вне стационара, некомфортная ситуация в семье и др.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с тем, что повреждающий уровень стресса негативно отражается на здоровье и общем функционировании пациентов, повышает риск повторных ОНМК, инфарктов и другой тяжелой патологии, его своевременное выявление и отслеживание в динамике при помощи системы мониторинга ЭДА, является весьма актуальным и перспективным в реабилитации пациентов с инсультами, повышая качество оказываемой им медицинской помощи. Для большей убедительности доказательства эффективности устройства в диагностике стрессовых состояний целесообразно продолжить исследование на большем числе пациентов с группой контроля, в сопоставлении с гуморальными маркерами стресса и функциональными методами диагностики сердечно-сосудистой системы.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Информация об авторах:

Кузюкова Анна Александровна, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела нейрореабилитации и клинической психологии, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: anna_kuzuykova@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9275-6491>

Рачин Андрей Петрович, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе, заведующий отделом нейрореабилитации и клинической психологии, главный научный сотрудник, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: 7851377@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4266-0050>

Колышенков Василий Андреевич, научный сотрудник отдела ортопедии, биомеханики, кинезитерапии и мануальной терапии, заместитель председателя Совета молодых ученых, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: vasily4kol@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7211-6198>

Выводы:

1. Регистрируемые у пациентов с ОНМК при помощи Системы NeonFSC показатели симпатической активности являются маркерами уровня стресса, соотносящимся с клиническими параметрами.

2. Система NeonFSC при своей временной и технической незатратности, позволяет объективизировать уровень стресса (степень испытываемого дискомфорта) у пациентов с ОНМК, который изолированными клиническими методами, в виду присущего им субъективизма в интерпретации клинических показателей, установить невозможно. Дополнительное использование Системы NeonFSC в комплексном обследовании пациентов с ОНМК позволяет существенно (на 30%) повысить диагностику различных стрессовых и нестрессовых состояний: хронической боли, фобических расстройств, субъективно не определяемого дискомфорта, стрессоустойчивых и нестрессоустойчивых личностных особенностей, депрессивного личностного склада (вместо депрессии).

3. Применение Системы NeonFSC для оценки динамики состояния пациентов с ОНМК после проведенных реабилитационных мероприятий имеет важное значение, поскольку позволяют отследить различные варианты исходов: с отчетливым улучшением, без динамики и ухудшением стрессовых показателей, последние два являются очень важными, поскольку требуют дополнительного вмешательства в коррекцию состояния пациента.

4. Мониторинг состояния симпатической активации путем регистрации кожной проводимости является важным методом, который, при легкости выполнения, временной и экономической незатратности, существенно облегчает диагностику стрессовых состояний у пациентов с ОНМК, внедрение его в рутинные обследования в системе здравоохранения для улучшения диагностики боли, эмоциональной патологии, уровня стресса и контроля эффективности лечебных мероприятий у пациентов с различными заболеваниями будет способствовать оптимизации медицинской реабилитации и переходу к персонализированной медицинской помощи. Мониторинг ЭДА может быть полезен в медицинской реабилитации для оценки степени адекватности физических нагрузок (для избегания перетренированности, изнуряющей физической активности).

Вклад авторов:

Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределён следующим образом:

Рачин А.П. – разработка дизайна исследования, статистический анализ результатов, проверка критически важного содержания, научная редакция текста рукописи, утверждение рукописи для публикации;

Кузюкова А.А. – идея проведения исследования разработка дизайна исследования, отбор и обследование пациентов, обработка, анализ и интерпретация данных, написание текста рукописи, научная редакция текста рукописи;

Кольшенков В.А. – обработка, анализ и интерпретация данных, статистическая обработка результатов, проверка критически важного содержания.

Источник финансирования:

Авторы заявляют о наличии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов:

Исследование проводилось без получения вознаграждения за выполненную работу. Руководители компании не принимали участие в сборе, интерпретации данных и в составлении данной рукописи.

Этические утверждения:

Исследование было одобрено Локальным этическим комитетом ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России (протокол №5 от 14.05.2021 г.)

Заявление о доступности данных:

Не применимо

Информированное согласие на публикацию:

Пациенты (законные опекуны) дали устное согласие на публикацию данных.

ADDITIONAL INFORMATION**Information about the authors:**

Anna A. Kuzyukova, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Department of Neurorehabilitation and Clinical Psychology, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: anna_kuzyukova@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9275-6491>

Andrey P. Rachin, Dr. Sci. (Med.), Professor, Deputy Director for Science, Head of the Department of Neurorehabilitation and Clinical Psychology, Chief Researcher, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: 7851377@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4266-0050>

Vasiliy A. Kolyshenkov, Researcher of Orthopedics, Biomechanics, Kinesiotherapy and Manual Therapy Department, Vice-Chairman of the Young Scientists Council, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: vasilij4kol@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7211-6198>

Author's contribution:

All authors confirm their authorship according to the ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Special contribution:

Rachin A.P. – development of study design, statistical analysis of results, check of critical content, scientific editing of manuscript text, approval of manuscript for publication;

Kuzyukova A.A. – research idea development of study design, selection and examination of patients, processing, analysis and interpretation of data, writing of manuscript text, scientific editing of manuscript text;

Kolyshenkov V.A. – processing, analysis and interpretation of data, statistical processing of results, check of critical content.

Source of Funding:

This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure:

The research was conducted without receiving compensation for the work performed. Company executives were not involved in the collection, interpretation of the data, or in the development of this manuscript.

Ethics Approval:

The study was approved by the Local ethical committee of National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology (protocol No. 5 dated May 14, 2021).

Consent for Publication:

Consent of patients (their representatives) to the processing and publication of non-personalized data was obtained.

Список литературы / References

1. Медико-демографические показатели Российской Федерации в 2012 году. Статистический справочник Минздрава России. Москва. 2013: 180 с. [Medical and demographic indicators of the Russian Federation in 2012. Statistical guide of the Ministry of Health of Russia. Moscow. 2013: 180 p. (In Russ.)]
2. Klit H., Finnerup N.B., Jensen T.S. Central post-stroke pain: clinical characteristics, pathophysiology and management. *Lancet Neurology*. 2009; (8): 857-868. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(09\)70176-0](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(09)70176-0)
3. Парфенов В.А. Когнитивные нарушения после инсульта. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2019; 11(4): 22-27. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2019-4-22-27> [Parfenov V.A. Poststroke cognitive impairment. *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2019; 11(4): 22-27. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2019-4-22-27> (In Russ.)]
4. Трусова Н.А., Левин О.С. Клиническая значимость и возможности терапии постинсультной депрессии. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2019; 119(9-2): 60-67. <https://doi.org/10.17116/jnevro201911909260> [Trusova N.A., Levin O.S. Clinical significance and possibilities of therapy of post-stroke depression. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2019; 119(9-2): 60-67. <https://doi.org/10.17116/jnevro201911909260> (In Russ.)]
5. Петрова Е.А., Брусов О.С., Кичук И.В. Патогенетические аспекты развития депрессивных и тревожных расстройств у больных с церебральным инсультом. Нервные болезни. 2014; (1): 26-31. [Petrova E.A., Brusov O.S., Kichuk I.V. Pathogenetic aspects of the development of depressive and anxiety disorders in patients with cerebral stroke. *Nervous Diseases*. 2014; (1): 26-31 (In Russ.)]
6. Максимова М.Ю. Депрессия после инсульта. Нервные болезни. 2018; (4): 56-61. [Maksimova M.Yu. Post-stroke depression. *Nervous Diseases*. 2018; (4): 56-61 (In Russ.)]
7. Richter C.P. A study of electrical skin resistance and the psychogaivannic reflex in a case of unilateral sweating. *Brain*. 1927; (50): 210-224. Available at: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-mental-science/article/abs/study-of-the-electrical-skin-resistance-and-the-psychogalvanic-reflex-in-a-case-of-unilateral-sweating-brain-june-1927-richter-c-p/2B7FA4B80FD6A4B5E5029A338DB9177B> (accessed 12.05.2022)
8. Pop-Jordanova N., Pop-Jordanov J. Electrodermal Activity and Stress Assessment. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*. 2020; 41(2): 5-15.
9. Freeman R., Chapple M.W. Testing the autonomic nervous system. *Handbook of Clinical Neurology*. 2013; (115): 115-36. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52902-2.00007-2>
10. van der Mee D.J., Gevonden M.J., Westerink J.H.D.M., de Geus E.J.C. Validity of electrodermal activity-based measures of sympathetic nervous system activity from a wrist-worn device. *International Journal of Psychophysiology*. 2021; (168): 52-64. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2021.08.003>
11. Kim A.Y., Jang E.H., Kim S., Choi K.W., Jeon H.J., Yu H.Y., Byun S. Automatic detection of major depressive disorder using electrodermal activity. *Scientific Reports*. 2018; 8(1): 17030. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35147-3>
12. Sarchiapone M., Gramaglia C., Iosue M., Carli V., Mandelli L., Serretti A., Marangon D., Zeppegno P. The association between electrodermal activity (EDA), depression and suicidal behaviour: A systematic review and narrative synthesis. *BMC Psychiatry*. 2018; 18(1): 22. <https://doi.org/10.1186/s12888-017-1551-4>
13. Mari D.S., Aldosky H.Y.Y., Tronstad C., Kalvøy H., Martinsen Ø.G. Electrodermal Activity Responses for Quantitative Assessment of Felt Pain. *Journal of Electrical Bioimpedance*. 2018; 9(1): 52-58.

