

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОДНОМОМЕНТНОЙ ОЦЕНКИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ В ПОРАЖЕННЫХ КОНЕЧНОСТЯХ ПРИ ИШЕМИЧЕСКОМ ИНСУЛЬТЕ

Ковалёва Е.В.¹, Доронин Б.М.², Морозов В.В.¹, Серяпина Ю.В.¹, Маркова С.Г.¹

¹Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, Новосибирск, e-mail: doctor.morozov@mail.ru;

²Новосибирский государственный медицинский университет Минздрава России, Новосибирск

С целью изучения эффективности аппаратной диагностики нарушений периферической нервной системы и возможности использования полученных результатов для построения индивидуальных программ реабилитации после ишемического инсульта был проведен анализ результатов реабилитации 461 пациента с ишемическим инсультом в отдаленном периоде. Для оценки состояния микроциркуляции в пораженных конечностях использовали методику одномоментной регистрации данных инструментальных исследований – прецизионной дистантной термографии, инфракрасной плетизмографии, доплеровской лазерной флоуметрии, пульсоксиметрии. Данный универсальный диагностический комплекс позволил выявить в различные сроки после перенесенного ишемического инсульта виды нарушений микроциркуляции в пораженных конечностях. Эти виды классифицированы по степени термоасимметрии как умеренные или выраженные; по распространенности – как локальные, диффузные или тотальные. Полученные результаты были применены при построении программы реабилитации, медикаментозной коррекции и в дальнейшем для оценки эффективности проведенной реабилитации. Использование универсального диагностического комплекса позволило персонализировать программы лечения и реабилитации, что привело к улучшению результатов лечения, в частности к улучшению микроциркуляции в пораженных конечностях. Методики удобны, просты в применении, что позволяет рекомендовать их для рутинного применения в комплексе диагностики и реабилитации.

Ключевые слова: ишемический инсульт, реабилитация, универсальный диагностический комплекс, термография

THE USE OF THE HARDWARE COMPLEX FOR A ONE-STAGE ASSESSMENT OF THE MICROCIRCULATION IN THE AFFECTED LIMBS DURING ISCHEMIC STROKE

Kovaleva E.V.¹, Doronin B.M.², Morozov V.V.¹, Seryapina Y.V.¹, Markova S.G.¹

¹Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS, Novosibirsk, e-mail: doctor.morozov@mail.ru;

²Medical University Novosibirsk State Medical University of Ministry of Health of Russia, Novosibirsk

In order to study the effectiveness of hardware diagnostics of disorders of the peripheral nervous system and the possibility of using the results to build individual rehabilitation programs after ischemic stroke, an analysis of the results of rehabilitation of 461 patients with ischemic stroke in the long-term period was conducted. To assess the state of microcirculation in the affected limbs, we used the method of simultaneous recording of instrumental research data - precision distant thermography, infrared plethysmography, Doppler laser flowmetry, and pulse oximetry. This universal diagnostic complex made it possible to identify types of microcirculation disorders in the affected limbs at various times after a postponed ischemic stroke. These species are classified according to the degree of thermal asymmetry as moderate or pronounced; prevalence as local, diffuse or total. The results were used in the construction of a rehabilitation program, medical correction and further to assess the effectiveness of the rehabilitation. The use of a universal diagnostic complex allowed to personalize treatment and rehabilitation programs, which led to improved treatment outcomes, in particular, to improved microcirculation in the affected limbs. The techniques are convenient, easy to use, and can be recommended for routine use in the complex of diagnostics and rehabilitation.

Keywords: ischemic stroke, rehabilitation, universal diagnostic complex, thermography

Сосудистые заболевания головного мозга – одна из основных причин смертности и инвалидизации в Российской Федерации. В мире ежегодно регистрируется 2,5–3 новых случая инсульта на 1000 населения в год. В Российской Федерации инсульт ежегодно возникает более чем у 450 тыс. человек, из них примерно 35% умирают в остром периоде

заболевания [1, 2]. В структуре заболеваемости острые нарушения мозгового кровообращения отличаются наиболее тяжелыми медицинскими, социальными и экономическими последствиями. В стране проживает более 1 млн лиц, перенесших инсульт, из которых более 80% являются инвалидами разной степени тяжести и зачастую нуждаются в повседневном уходе. К трудовой деятельности возвращаются не более 10–12%, а 25–30% до конца жизни утрачивают двигательные функции и возможность самообслуживания [3, 4].

Несмотря на интенсивное развитие реабилитационных и паллиативных мероприятий, остается неизученным вопрос об их эффективности, поскольку восстановительный процесс у клинически схожих пациентов зачастую протекает со значительными различиями [5]. Требуется построение системы реабилитационных мероприятий, базирующейся на трех основных принципах: комплексности, которая может быть обеспечена только при мультидисциплинарном подходе; преемственности на всех этапах реабилитационного процесса; индивидуальном характере построения реабилитационной программы [6].

Составление и реализация персонализированных алгоритмов лечения и реабилитации могут являться решением проблемы, однако требуемой объективизации динамических изменений не производится. Таким образом, необходим поиск универсальной методики, позволяющей оценивать происходящие изменения в пораженных вследствие инсульта частях тела [7, 8].

Одним из интегральных показателей состояния тканей является оценка микроциркуляторного русла. В частности, при наличии парезов и параличей вследствие перенесенного инсульта изучение интенсивности фонового кровоснабжения конечностей, а также реакции сосудов кожи на различные раздражители (в том числе в качестве применяемой терапии) дает возможность количественно оценить исходное состояние пациента и динамику в ходе лечебно-реабилитационных мероприятий [9]. Для реализации этой оценки представляется актуальным использование тепловизионных методов [10–12] в сочетании с плетизмографией, доплеровской флоуметрией [13], пульсоксиметрией, что в комплексе позволяет получить одномоментные количественные данные о состоянии микроциркуляции в конечностях пациента, перенесшего ишемический инсульт.

Цель исследования. Изучение эффективности аппаратной диагностики нарушений периферической нервной системы и возможности использования полученных результатов для построения индивидуальных программ ведения пациентов в позднем периоде после ишемического инсульта с целью улучшения результатов реабилитации.

Материал и методы исследования

Характеристика клинического материала. Работа выполнена на базе Центра новых медицинских технологий Института химической биологии и фундаментальной медицины

СО РАН. Были проанализированы результаты реабилитации в отдаленном периоде после перенесенного ишемического инсульта 461 пациента. Критерии включения: возраст от 50 до 75 лет, наличие ишемического инсульта давностью от 12 до 48 месяцев, подтвержденного клинически и по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ). Критерии исключения: онкологические заболевания, психические расстройства, соматические заболевания в стадии декомпенсации или в остром периоде. Неврологический статус оценивали по шкалам Ренкина, Бартел, SS-QOL, РИВЕРМИД [14]. У пациентов до начала курса реабилитации регистрировали нарушения чувствительности и двигательные расстройства в конечностях, имелись подтвержденные по результатам МРТ поражения больших полушарий головного мозга. При ретроспективной оценке патогенетических подтипов ишемического инсульта (TOAST) в большинстве случаев был выявлен атеротромбоэмболический подтип – 296 пациентов (64,21% случаев), кардиоэмболический подтип определен у 91 (19,74% случаев), лакунарный – у 29 пациентов (6,29% случаев), у остальных 45 больных (9,76% наблюдений) был ишемический инсульт неустановленной этиологии.

Были сформированы 2 группы исследования. Группу 1 «Контрольная» составили 240 пациентов в возрасте от 50 до 72 лет с ишемическим инсультом давностью от 12 до 46 месяцев. Группу исследования 2 «Основная» составил 221 пациент в возрасте от 52 до 74 лет с ишемическим инсультом давностью от 13 до 48 месяцев. Распределение в группах пациентов по полу и возрасту представлено в таблицах 1 и 2. По учетным признакам группы исследования были сопоставимы.

Таблица 1

Распределение пациентов в группах исследования по полу

Группы	Мужчины	Женщины	n
Контрольная	125 (52,08%)	115 (47,92%)	240
Основная	119 (53,85%)	102 (46,15%)	221
Всего	244	217	461
$\chi^2 = 0.144, p=0.705$			

Таблица 2

Распределение пациентов в группах исследования по возрасту

Клинические группы	Средний возраст
Контрольная (n=240)	61,5±5,1 года
Основная (n=221)	64,2±4,3 года
Значение t-критерия Стьюдента: 0,40, различия статистически не значимы (p=0,685852)	

Критическое значение t-критерия Стьюдента = 1,972, при уровне значимости $\alpha = 0,05$

Пациенты группы «Контроль» получали стандартное лечение и курсы реабилитации согласно медико-экономическим стандартам. Пациентам основной группы программы лечения и реабилитации формировались с учетом выявленных нарушений микроциркуляции. Группы пациентов были сопоставимы по срокам перенесенного инсульта, неврологическому статусу, патофизиологическим подтипам ишемического инсульта.

Методы разработки реабилитационных мероприятий. При лечении пациентов, перенесших инсульт, созданы реабилитационные программы, основополагающими принципами которых являются: комплексность, поэтапность, непрерывность, индивидуализация лечебных воздействий.

Для пациентов составлены индивидуальные программы реабилитации, зависящие от следующих факторов: давности инсульта, выраженности неврологического дефекта, наличия сопутствующей патологии, отсутствия противопоказаний для каждого метода лечения.

В комплекс реабилитационных мероприятий входили электростимуляция, физиотерапия, массаж, лечебная физкультура, занятия на стабиллоплатформе. Лекарственная терапия, получаемая пациентами, была направлена на вторичную профилактику острых нарушений мозгового кровообращения, а также была неспецифичной в отношении тонуса сосудистой стенки микроциркуляторного русла скелетных мышц. Эффективность проводимых лечебных программ реабилитации контролировали результатами инструментальных методов исследования нервной системы и микроциркуляторного русла.

Разработана и внедрена комплексная диагностическая программа, включающая в себя изучение состояния микроциркуляции в паретичных конечностях неврологических больных методами лазерной флоуметрии, инфракрасной плетизмографии, дистантной термографии, пульсоксиметрии. Лазерная доплеровская флоуметрия позволяла судить о тонусе микрососудов на основе величин амплитуд колебаний микрокровотока, которые обусловлены интенсивностью сокращений мышечной стенки сосуда, а значит, и диаметром просвета сосудов. Инфракрасная плетизмография – диагностический метод оценки состояния сосудистого тонуса, при котором производятся измерения различных параметров кровотока – скорости, объемных характеристик. Дистантное тепловизионное исследование проводили для изучения кожного температурного рельефа с целью оценки функционального состояния того или иного участка тела на основании интенсивности кровотока и метаболизма. Пульсоксиметрию проводили для оценки уровня периферической кислородной сатурации (оксиметр размещали на пальцах кистей, стоп), также на мониторе отображалась волнообразная кривая пульса. Это визуально демонстрирует, насколько хорошо

кровоснабжаются ткани. Исследования проводили одновременно, вышеперечисленные приборы формировали универсальный диагностический комплекс (УДК). Дополнительно оценивали состояние нервно-мышечного аппарата конечностей с помощью электронейромиографии – регистрации электрических потенциалов мышц и нервов в покое и в ответ на различные стимулы.

Использованная аппаратура. В ходе реабилитации электромиостимуляцию проводили в пассивном и фантомно-импульсном режиме (встроенные аппаратные режимы, обеспечивающие эффективную мышечную релаксацию и контролируемую миостимуляцию) с помощью аппарата «ЭСМА» (Россия). Приборную оценку состояния нервно-мышечной проводимости (электронейромиография) осуществляли на комплексе «Нейро-МВП» производства компании «Нейрософт» (Россия). Дистантную термографию выполняли на матричном тепловизоре СВИТ-1 производства ИФПП СО РАН (Россия); лазерную доплеровскую флоуметрию – на анализаторе ЛАКК-01 производства НПП «Лазма» (Россия).

Измерения на универсальном диагностическом комплексе проводили при включении пациента в группу исследования и по завершении курсов реабилитации. В основной группе дополнительно – 1 раз в месяц с целью оценки эффективности курса реабилитации в течение 3 месяцев. Кратность курсов составляла 1–3 в год. Оценку состояния микроциркуляции осуществляли на верхних и нижних конечностях, как на стороне поражения, так и на контрлатеральной. Оценивали скорость проведения возбуждения по моторным и сенсорным волокнам, характер терморельефа конечности, наличие/отсутствие и выраженность термоасимметрии, уровень сатурации, колебания кровотока, характеризующие нейрогенную и миогенную активности.

Результаты исследования и их обсуждение

На основании имеющихся сведений о физиологической реактивности микроциркуляторных сосудов кожи человека в пораженных конечностях модифицирован протокол исследования терморельефа кожных покровов конечностей у пациентов, перенесших острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) [15]. При обследовании пациентов с использованием прецизионной дистантной термографии (в составе универсального диагностического комплекса) были выявлены особенности терморельефа в паретичных конечностях – снижение кожной температуры. Выявленные нарушения можно классифицировать по распространенности: локальные – очаговые изменения терморельефа в пределах одного анатомического сегмента конечности (голень, бедро, плечо, предплечье); диффузные – разрозненные рассеянные расплывчатые очаги небольшого размера в пределах конечности, тотальные – крупные очаги, захватывающие оба анатомических сегмента

конечности (голень и бедро, плечо и предплечье). Прецизионная дистантная термография позволяла фиксировать разницу кожных температур паретичной конечности и контрлатеральной здоровой конечности. Эти различия были классифицированы по степени термоасимметрии как умеренные (разница менее чем на 1°C) или выраженные (разница более чем на 1°C). Выявленные нарушения свидетельствуют о наличии стойких расстройств микроциркуляции (при давности ОНМК от 12 до 48 месяцев) в регионе паретичных конечностей.

Таблица 3

Частота встречаемости положительной динамики в микроциркуляторном русле конечностей в группах исследования

Группы	Положит. динамика	Отрицат. Динамика / без динамики
	По результатам электронейромиографии	
Контроль (n= 240)	138	102
	57,5%	42,5%
Основная (n=221)	162	59
	73,3%	26,7%
$\chi^2 = 12,643, p < 0,001$. Различия статистически значимы.		
	По результатам инфракрасной плетизмографии	
Контроль (n= 240)	141	99
	58,7%	41,3%
Основная (n=221)	167	54
	75,6%	24,4%
$\chi^2 = 14,672, p < 0,001$. Различия статистически значимы.		
	По результатам лазерной флоуметрии	
Контроль (n= 240)	125	115
	52%	48%
Основная (n=221)	135	86
	61%	39%
$\chi^2 = 3,792, p = 0,052$. Различия статистически не значимы.		
	По результатам тепловизионного исследования	
Контроль (n= 240)	77	163
	32%	68%
Основная (n=221)	119	102

	53,9%	46,1%
$\chi^2 = 22,296, p < 0,001$. Различия статистически значимы.		

Универсальный диагностический комплекс был использован для контроля состояния микроциркуляции в ходе проведения реабилитационных мероприятий. По данным инфракрасной плетизмографии оценивали скорость и объемные характеристики кровотока, по данным лазерной флоуметрии – уровень периферической перфузии (наполнение сосудов), по данным электронейромиографии (нарастанию М-волны) – улучшение нервно-рефлекторной проводимости мышц паретичных конечностей, по данным тепловизионного исследования – уменьшение выраженности термоасимметрии, уменьшение площади очагов сниженной кожной температуры пораженных конечностей, по данным пульсоксиметрии – процентное насыщение кислородом, что в конечном счете формировало интегративное определение динамики состояния кровотока в паретичных конечностях.

В случае отсутствия динамики по учитываемым параметрам стандартная программа реабилитации индивидуально корректировалась: назначали метаболические препараты, нейротропные средства; дополнительно проводили курсы физиопроцедур, влияющих на крово- и лимфообращение. По итогам реабилитации основная группа, в которой был применен подобный персонифицированный подход, отличалась лучшими результатами восстановления микроциркуляции, полученными с помощью универсального диагностического комплекса. В таблице 3 приведен анализ частоты встречаемости положительной динамики в микроциркуляторном русле конечностей в группах исследования по результатам исследования на УДК до и после завершения курсов реабилитации.

Заключение

В ходе исследований применены дополнительные инструментальные методики оценки микроциркуляции в пораженных конечностях у пациентов после перенесенного ишемического инсульта. Одновременная регистрация четырех цифровых показателей лазерной флоуметрии, инфракрасной плетизмографии, дистантной термографии и пульсоксиметрии выявила по окончании курсов реабилитации и лечения большее число пациентов с улучшением на фоне персонализации лечения по сравнению со стандартными подходами. По данным электромиографии, инфракрасной плетизмографии и термографии увеличение количества пациентов с положительной динамикой в основной группе по сравнению с контролем статистически значимо. Различия по данным лазерной доплеровской флоуметрии статистически незначимы, что можно объяснить особенностями регистрации показателей (только дистальная фаланга одного пальца).

Положительную динамику состояния микроциркуляции в основной группе можно

объяснить своевременной и адекватной коррекцией программ лечения и реабилитации с назначением дополнительных процедур и препаратов, влияющих на состояние крово- и лимфообращения в пораженных конечностях. Учет получаемых параметров микроциркуляции в ходе выполнения реабилитационных и лечебных мероприятий позволяет персонализированно корректировать назначения, что приводит к улучшению результатов реабилитации в отдаленном периоде после ишемического инсульта.

Использование прецизионных методик регистрации физиологических параметров микроциркуляции в составе универсального диагностического комплекса дало возможность применить дополнительные критерии оценки эффективности проводимых курсов лечения и реабилитации пациентов, перенесших ишемический инсульт.

Список литературы

1. Гусев Е.И., Скворцова В.И., Мартынов М.Ю. Церебральный инсульт: проблемы и решения // Вестник Российской академии медицинских наук. 2003. № 11. С. 44-48.
2. Стародубцева О.С., Бегичева С.В. Анализ заболеваемости инсультом с использованием информационных технологий // Фундаментальные исследования. 2012. № 8. С. 424-427.
3. Гусев Е.И., Скворцова В.И., Стаховская Л.В. Эпидемиология инсульта в России // Consilium Medicum. 2013. № 5. С. 3.
4. Стаховская Л.В., Ключихина О.А., Богатырева М.Д., Коваленко В.В. Эпидемиология инсульта в России по результатам территориально-популяционного регистра (2009-2010) // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2013. № 113 (5). С. 4-10.
5. Теленгатор А.Я. Реабилитация больных, перенесших ишемический инсульт // Новости медицины и фармации. 2012. № 4 (428). С. 13-14.
6. Иванова Г.Е. Медицинская реабилитация в России. Перспективы развития // Consilium Medicum. 2016. № 18 (2-1). С. 9-13.
7. Котов С.В., Стаховская Л.В., Исакова Е.В., Иванова Г.Е., Шамалов Н.А., Герасименко М.Ю., Вишнякова М.В., Волченкова Т.В., Дерзанов С.В., Казанчян П.О., Киселев А.М., Котов А.С., Сидорова О.П., Шерман Л.А. Инсульт. Руководство для врачей / Под редакцией Л.В. Стаховской, С.В. Котова. М., 2014. 400 с.
8. Rayegani S.M., Raeissadat S.A., Alikhani E., Bayat M., Bahrami M.H., Karimzadeh A. Evaluation of complete functional status of patients with stroke by Functional Independence Measure scale on admission, discharge, and six months poststroke. Iran. J. Neurol. 2016. Vol. 15(4). P. 202-208.
9. Вайнер Б.Г., Морозов В.В. Инфракрасный диагност // Наука из первых рук. 2013. № 52

(4). С. 44-51.

10. Hegedűs B. The Potential Role of Thermography in Determining the Efficacy of Stroke Rehabilitation. *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.* 2017; pii: S1052-3057(17)30466-4. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis. 2017.08.045.

11. Alfieri F.M., Massaro A.R., Filippo T.R., Portes L.A., Battistella L.R. Evaluation of body temperature in individuals with stroke. *NeuroRehabilitation.* 2017. Vol. 40 (1). P. 119-128. DOI: 10.3233/NRE-161397.

12. Hegedűs B., Hegedűs S., Gálfi M. Thermography in the stroke rehabilitation. Conference: 2016 Quantitative InfraRed Thermography. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/305631505_Thermography_in_the_stroke_rehabilitation doi:10.21611/qirt.2016.163 (дата обращения: 15.05.2019).

13. Chen C.T., Hsiu H., Fan J.S., Lin F.C., Liu Y.T. Complexity Analysis of Beat-to-Beat Skin-Surface Laser-Doppler Flowmetry Signals in Stroke Patients. *Microcirculation.* 2015. Vol. 22 (5). P. 370-377. DOI: 10.1111/micc.12206.

14. Littooi E., Dekker J., Vloothuis J., Leget C.J., Widdershoven G.A. Global meaning in people with stroke: Content and changes. *Health Psychol Open.* 2016. Vol. 3 (2). P. 2055102916681759. Published 2016 Dec 1. DOI:10.1177/2055102916681759.

15. Ковалева Е.В., Доронин Б.М., Морозов В.В., Серяпина Ю.В., Маркова С.Г. Возможности реабилитационного лечения постинсультных больных // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26212> (дата обращения: 28.05.2019).