

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РЕАБИЛИТАЦИИ И КУРОРТОЛОГИИ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ЭЛЕКТРОННОЕ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ
RUSSIAN JOURNAL OF ENVIRONMENTAL AND REHABILITATION MEDICINE (RJERM)
РОССИЙСКИЙ ЖУРНАЛ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ (РЖЭВМ)**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор:

Бобровницкий Игорь Петрович, д.м.н., проф., чл.-корр. РАН

Заместители главного редактора:

Фесюн Анатолий Дмитриевич, д.м.н.

Яковлев Максим Юрьевич, д.м.н.

Нагорнев Сергей Николаевич, д.м.н., проф.

Водянова Мария Александровна, к.б.н.

Ответственный секретарь: Тихомиров Илья Алексеевич

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

Агасаров Лев Георгиевич, д.м.н., проф.

Айвазян Татьяна Альбертовна, д.м.н., проф.

Александрин Сергей Сергеевич, д.м.н., проф., чл.-корр. РАН

Бадтиева Виктория Асланбековна, д.м.н., проф., чл.-корр. РАН

Бояринцев Валерий Владимирович, д.м.н., проф.

Бухтияров Игорь Валентинович, д.м.н., проф., акад. РАН

Герасименко Николай Федорович, д.м.н., акад. РАН

Гильмутдинова Лира Талгатовна, д.м.н., проф.

Гончаров Сергей Федорович, д.м.н., проф., акад. РАН

Даминов Вадим Дамирович, д.м.н.

Ефименко Наталья Викторовна, д.м.н., проф.

Ингель Фаина Исаковна, д.б.н.

Капцов Валерий Александрович, д.м.н., чл.-корр. РАН

Киричук Анатолий Александрович, д.б.н.

Князева Татьяна Александровна, д.м.н., проф.

Кончугова Татьяна Венедиктовна, д.м.н., проф.

Корчажкина Наталья Борисовна, д.м.н., проф.

Круглова Лариса Сергеевна, д.м.н., проф.

Кузьмина Людмила Павловна, д.б.н., проф.

Мешков Николай Алексеевич, д.м.н., проф.

Митрохин Олег Владимирович, д.м.н., доцент

Пономаренко Геннадий Николаевич, д.м.н., проф., чл.-корр. РАН

Пузин Сергей Никифорович, д.м.н., проф., акад. РАН

Рахманин Юрий Анатольевич, д.м.н., проф., акад. РАН

Рачин Андрей Петрович, д.м.н., проф.

Русаков Николай Васильевич, д.м.н., проф., акад. РАН

Рыбников Виктор Юрьевич, д.м.н., д.п.н., проф.

Салтыкова Марина Михайловна, д.б.н.

Сичинава Нина Владимировна, д.м.н.

Скальный Анатолий Викторович, д.м.н., проф.

Ушаков Игорь Борисович, д.м.н., проф., акад. РАН

Хан Майя Алексеевна, д.м.н., проф.

Хотимченко Сергей Анатольевич, д.м.н., проф., чл.-корр. РАН

Хрипач Людмила Васильевна, д.б.н.

Шабров Александр Владимирович, д.м.н., проф., акад. РАН

Шакула Александр Васильевич, д.м.н., проф.

Шашлов Сергей Валентинович, к.м.н.

Юдин Владимир Егорович, д.м.н., проф.

Юрова Ольга Валентиновна, д.м.н., проф.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Разумов Александр Николаевич, д.м.н., проф., акад. РАН
(Москва) – председатель

Быков Анатолий Тимофеевич, д.м.н., проф., чл.-корр. РАН
(Сочи) – заместитель председателя

Беляев Анатолий Федорович, д.м.н., проф. (Владивосток)

Белякин Сергей Анатольевич, д.м.н., проф. (Москва)

Бойко Евгений Рафаилович, д.м.н., проф. (Сыктывкар)

Владимирский Евгений Владимирович, д.м.н., проф. (Пермь)

Воевода Михаил Иванович, д.м.н., проф., акад. РАН (Новосибирск)

Гигинейшвили Георгий Ревазович, д.м.н. (Москва)

Гильмутдинова Ильмира Ринатовна, к.м.н. (Москва)

Горбатова Любовь Николаевна, д.м.н., проф. (Архангельск)

Гусакова Елена Викторовна, д.м.н. (Москва)

Еделев Дмитрий Аркадьевич, д.м.н., проф. (Москва)

Зилов Вадим Георгиевич, д.м.н., проф., акад. РАН (Москва)

Каспаров Эдуард Вильямович, д.м.н., проф. (Красноярск)

Куликова Наталья Геннадьевна, д.м.н., проф. (Москва)

Левицкий Евгений Федорович, д.м.н., проф. (Томск)

Никиток Дмитрий Борисович, д.м.н., проф., акад. РАН (Москва)

Полунина Наталья Валентиновна, д.м.н., проф., акад. РАН (Москва)

Попов Валерий Иванович, д.м.н., проф., чл.-корр. РАН (Воронеж)

Рассулова Марина Анатольевна, д.м.н., проф. (Москва)

Соколов Александр Владимирович, д.м.н., проф. (Московская обл.)

Тутельян Виктор Александрович, д.м.н., проф., акад. РАН (Москва)

Чащин Максим Валерьевич, д.м.н., проф. (Санкт-Петербург)

Giancarlo Pantaleoni, проф. (Рим, Италия)

Olga Palumbo (Лугано, Швейцария)

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| СОДЕРЖАНИЕ | 2 |
| МЕДИЦИНСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНЬЮ ЛЁГКИХ..... | 3 |
| Гришечкина И.А. | |
| РИТМИЧЕСКАЯ ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ МАГНИТНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ И КОГНИТИВНЫЕ ТРЕНИНГИ В КОГНИТИВНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ИШЕМИЧЕСКИЙ ИНСУЛЬТ | 9 |
| Кузюкова А.А., Загайнова А.Ю., Мокеев И.Н., Юрова Ю.А., Добрякова В.В., Юрова О.В., Фесюн А.Д. | |
| ПРИМЕНЕНИЕ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ РОБОТИЗИРОВАННОГО ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ КОЛЕННОГО СУСТАВА В РАННЕМ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ (НИЗКОИНТЕНСИВНОЕ ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, МАГНИТНОЕ ПОЛЕ, ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЯ, ИМПУЛЬСНОЕ НИЗКОЧАСТОТНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ, ЛЕЧЕБНАЯ ФИЗКУЛЬТУРА И РОБОТИЗИРОВАННАЯ МЕХАНОТЕРАПИЯ) | 19 |
| Кульчицкая Д.Б., Фесюн А.Д., Юрова О.В., Кончугова Т.В., Марфина Т.В., Гущина Н.В., Рябков Е.Н., Агасаров Л.Г., Апханова Т.В., Березкина Е.С., Колбахова С.Н., Севрюгина О.А. | |
| ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДА РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ КОЛЕННОГО СУСТАВА ПО ПОВОДУ ГОНАРТРОЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТОВ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ И ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТЬЮ..... | 25 |
| Марченкова Л.А., Рябков Е.Н., Васильева В.А., Стяжкина Е.М., Фесюн А.Д., Юрова О.В. | |
| ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТРЕНИРОВКИ МЫШЦ ВДОХА В КОМПЛЕКСНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ХИРУРГИЧЕСКУЮ ВАСКУЛЯРИЗАЦИЮ МИОКАРДА В РАННИЕ СРОКИ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ: РАНДОМИЗИРОВАННОЕ КЛИНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ | 31 |
| Стяжкина Е.М., Апханова Т.В., Юрова О.В., Рожкова Е.А. | |
| ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОБАЛЬНЕОТЕРАПИИ И ЛЕЧЕБНОЙ ФИЗКУЛЬТУРЫ У ЖЕНЩИН С ПРОЛАПСОМ ТАЗОВЫХ ОРГАНОВ, СОЧЕТАННЫМ СО СТРЕССОВЫМ НЕДЕРЖАНИЕМ МОЧИ .. | 37 |
| Котенко Н.В., Барашков Г.Н, Борисевич О.О., Рожкова Е.А. | |
| РЕАБИЛИТАЦИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПОСТТРОМБОФЛЕБИТИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ РИСКА ТРОМБОЭМБОЛИЙ | 42 |
| Князева Т.А., Фесюн А.Д., Марченкова Л.А., Кульчицкая Д.Б., Ансокова М.А. | |
| ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПОСТРЕЦИПРОКНОЙ РЕЛАКСАЦИИ МЫШЦ У ПАЦИЕНТОВ С КОНТРАКТУРАМИ ПЛЕЧЕВОГО СУСТАВА..... | 49 |
| Михалев В.С., Фесюн А.Д., Юрова О.В., Стяжкина Е.М., Михалева К.А. | |
| ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ МАГНИТОТЕРАПИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ КОГНИТИВНЫЕ ТРЕНИНГИ В КОМПЛЕКСНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ИШЕМИЧЕСКИЙ ИНСУЛЬТ | 55 |
| Кузюкова А.А., Пехова Я.Г., Одарущенко О.И., Нувахова М.Г., Евлоева З.М., Юрова Ю.А., Юрова О.В., Фесюн А.Д. | |
| ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОТОЧНОЙ ЦИТОМЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ГЕНОМА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) | 65 |
| Тюрин И.А., Ингель Ф.И., Алексева А.В., Савостикова О.Н., Мамонов Р.А. | |

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 615.825:615.844:616

**МЕДИЦИНСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ
БОЛЕЗНЬЮ ЛЁГКИХ
Гришечкина И.А.***

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ. Российская Федерация относится к числу стран с высокой распространённостью хронической обструктивной болезни лёгких (ХОБЛ). Особенности российской популяции является преобладание лиц со среднетяжёлым и тяжёлым течением, высокая частота вызовов скорой медицинской помощи и госпитализаций, связанных с обострением ХОБЛ. Цель исследования – оценить эффективность и безопасность применения новой комплексной программы реабилитации по сравнению со стандартной программой, у пациентов со среднетяжёлым течением ХОБЛ. На базе отделения медицинской реабилитации ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России с 1 июля 2021 года по 1 декабря 2022 года было проведено открытое сравнительное исследование, в которое включились 18 пациентов со среднетяжёлым течением ХОБЛ. Группа вмешательства получала новый комплекс реабилитации с лечебной гимнастикой, физическими тренировками с биологической обратной связью, виртуальной реальностью и электростимуляцией диафрагмы, консультацией психолога, группа контроля – лечебную гимнастику и физические тренировки на тредмиле. Пациентам, до и после курса реабилитации, были проведены опрос и физикальный осмотр, тестирование по шкале Борга, исследование SpO_2 , тест 6-минутной ходьбы и спирометрия. Увеличение силы мышц после проведения реабилитационных мероприятий привело к уменьшению одышки (шкала Борга) ($p=0,01$) и увеличению дистанции ходьбы в метрах, в тесте 6-минутной ходьбы ($p=0,007$) в группе вмешательства. При оценке прироста расстояния, пройденного в метрах, в группе контроля было отмечено его увеличение на 1,6%, в группе вмешательства – на 36,1%. По показателям функции внешнего дыхания, SpO_2 группы пациентов не различались, ни динамике до и после тренировок, ни между собой ($p>0,05$). Таким образом, изученный комплекс реабилитации продемонстрировал высокую эффективность, превосходящую стандартный метод реабилитации, в тесте 6-минутной ходьбы и восприятии одышки (по шкале) Борга, и может быть рекомендован для использования в реабилитации пациентов со среднетяжёлой ХОБЛ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: хроническая обструктивная болезнь легких, электростимуляция, виртуальная реальность, диафрагма, медицинская реабилитация

ВВЕДЕНИЕ

Российская Федерация относится к числу стран с высокой распространённостью ХОБЛ, в 2012 году она составила 668,4 на 100 тыс. населения [1, 2]. С 2018 года отмечается тенденция к увеличению смертности от болезней нижних дыхательных путей, в том числе и ХОБЛ, высокой остаётся госпитальная летальность, а также инвалидизация населения [1, 3, 4].

Важными особенностями российской популяции пациентов является преобладание лиц со среднетяжёлым и тяжёлым течением, высокая частота вызовов скорой медицинской помощи и госпитализаций, связанных с обострением ХОБЛ [4]. У пациентов регистрируется сниженное качество жизни, им требуется пожизненная лекарственная терапия, амбулаторное и стационарное лечение, оказание

* Адрес для переписки: Гришечкина Ирина Александровна, GrishechkinaIA@nmicrk.ru

Цитирование. Гришечкина И.А. Медицинская реабилитация пациентов с хронической обструктивной болезнью лёгких. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 3-8.

Citation:

Grishechkina I. A. Medical rehabilitation of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 3-8.

неотложной помощи при обострениях, выплаты пособий, а также необходимость проведения своевременных эффективных реабилитационных мероприятий [4-6]. Последние показаны пациентам с постоянной одышкой, несмотря на использование бронходилататоров, а также физически неактивным пациентам с частыми обострениями или непереносимостью физической нагрузки. План реабилитационных мероприятий составляется, как правило, индивидуально и основывается на концепции легочной реабилитации (ЛР) [5, 6].

ЛР является многокомпонентной, проводится мультидисциплинарной реабилитационной командой, и, как правило, включает в себя физические тренировки (занятия на тредмиле или велоэргометре, ежедневные прогулки или скандинавскую ходьбу), использование различных дыхательных тренажёров, обучение, психосоциальную реабилитацию и адекватную нутритивную поддержку у пациентов с дефицитом массы тела [6].

Большинство из входящих в состав ЛР методик доказали свою эффективность в рандомизированных клинических исследованиях, малозатратны, удобны для самостоятельного применения или при использовании в амбулаторных условиях. Однако не учитывают возможностей использования современных методов реабилитации и опыт применения высокотехнологичного реабилитационного оборудования, что часто приводит к недостаточной эффективности или отказу от реабилитации более тяжёлых пациентов [6, 7, 8].

Таким образом, целью нашего исследования было оценить эффективность и безопасность применения новой комплексной программы реабилитации по сравнению со стандартной программой, у пациентов со среднетяжёлым течением ХОБЛ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проводили на базе отделения медицинской реабилитации взрослых для пациентов с соматическими заболеваниями ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России с 1 июля 2021 года по 1 декабря 2022 года, в которое было включено 18 пациентов (9 пациентов основная группы и 9 пациентов группы контроля), в возрасте от 56 и до 72 лет, из них 10 женщин и 8 мужчин (55,6 и 44,4% соответственно), сопоставимых по полу и возрасту. Состояние пациентов определялась среднетяжёлым течением ХОБЛ и оценивалось по шкале реабилитационной маршрутизации в 3-4 балла, в целом по группе объём форсированного выдоха за первую секунду манёвра форсированного выдоха составил 1,03 [0,98; 1,33] литров. В исследование были включены пациенты со среднетяжёлым течением ХОБЛ, вне обострения, диагноз которых был установлен в соответствии с действующими клиническими рекомендациями [5, 9]. В качестве сопутствующих заболеваний у большинства пациентов регистрировались симптомы постковидного синдрома, артериальная гипертензия и/или распространённый остеохондроз. Из исследования были исключены пациенты с любым процентом поражения лёгких в острой фазе новой коронавирусной инфекции, а также больные, имеющие неврологические, соматические и психические заболевания, являющиеся противопоказанием для проведения реабилитационных процедур или участвующие в другом клиническом исследовании.

Основная группа получала курс медицинской реабилитации, включающий лечебную гимнастику, по методике при заболеваниях органов дыхания в течение 30 минут (10 процедур); чрескожную электростимуляцию мышц на область грудной клетки по поперечной методике, с частотой 50-70 Гц (переменный режим, второй род работы) с глубиной модуляции 100%, (10 процедур по 15 минут 5 раз в неделю 2 недели подряд); тренировки с помощью системы с виртуальной реальностью (10 процедур) на силу и выносливость на нижние и верхние конечности 30 минут; физические тренировки на медицинском тредмиле с биологической обратной связью (10 процедур) по 20 минут.

Группа контроля – лечебную гимнастику по методике при заболеваниях органов дыхания в течение 30 минут (10 процедур); физические тренировки на медицинском тредмиле с биологической обратной связью (10 процедур) по 20 минут.

Базисная медикаментозная терапия включала постоянный приём ипротропия бромида в комбинации с фенотеролом 20/50 мг и сальбутамола 200 мг (по требованию), а также ранее назначенную медикаментозную терапию по поводу сопутствующих заболеваний (гипотензивные, витамины группы А и Е и прочее).

Пациентам, после подписания информированного согласия до и после курса реабилитации были проведены опрос и физикальный осмотр, тестирование (шкала Борга), исследование насыщения крови кислородом (SpO₂) (пульсоксиметр Армед YX200, Россия), нагрузочная проба (тест 6-минутной ходьбы) и спирометрия (спирограф MIR Spirolab III, Италия).

Исследование поддержано Независимым Этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России (протокол № 4 от 15.04.2021 г.). Статистическая обработка данных проводилась с помощью описательной статистики, анализ различий – с использованием тестов Mann-Whitney, Wilcoxon. Обработка полученных данных выполнена с помощью пакета программ Statistica for Windows, v 8.0 (StatSoft, США). Достоверность различий считалась установленной при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате проведённого исследования нами были определены основные параметры эффективности и безопасности реабилитационной программы, для этой цели использованы данные тестирования по шкале Борга, исследование SpO₂, нагрузочной пробы (тест 6-минутной ходьбы) и спирографии (таблица 1, 2).

Таблица 1. Показатели функции внешнего дыхания по результатам спирометрии в основной группе и группе контроля

| Показатель | Группа контроля (n=9) | | Группа вмешательства (n=9) | |
|------------|-----------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
| | До реабилитации | После реабилитации | До реабилитации | После реабилитации |
| ОФВ1, % | 55,7 [51,8; 59,2] | 56,5 [52,7; 60,1] | 55,6 [51,3; 59,5] | 57,4 [53,0; 61,1] |
| ЖЕЛ, % | 68,6 [63,8; 73,1] | 73,1 [67,6; 78,3] | 72,0 [68,2; 75,6] | 71,2 [65,3; 77,0] |
| ОФВ1/ЖЕЛ | 82,7 [80,2; 85,0] | 80,8 [78,7; 82,2] | 76,4 [72,2; 80,3] | 78,6 [74,8; 82,2] |

Примечание. ОФВ1 - объём форсированного выдоха за первую секунду манёвра форсированного выдоха, в % от должного; ЖЕЛ – жизненная ёмкость лёгких, в % от должного; ОФВ1/ЖЕЛ – индекс Тиффно. Данные представлены медианой (Me) и квартилями (LQ; UQ).

Исходно в обеих группах пациентов по данным исследования функции внешнего дыхания регистрировалось среднетяжёлое течение ХОБЛ, в целом объём форсированного выдоха за первую секунду манёвра форсированного выдоха у всех пациентов составила 1,03 [0,98; 1,33] литров. Исходные показатели основных спирометрических показателей в группах вмешательства и контроля, в %, представленные в таблице 1, также характеризовали степень тяжести ХОБЛ как среднетяжёлую в обеих группах пациентов.

После проведения медицинской реабилитации была отмечена тенденция к увеличению основных показателей функции внешнего дыхания (ОФВ 1, ЖЕЛ и ОФВ1/ЖЕЛ (индекс Тиффани), однако ни в одной из групп их динамика не достигала уровня статистической значимости ($p > 0,05$) (таблица 1). Также не было отмечено статистически значимого увеличения уровня насыщения крови кислородом (SpO₂) в обеих группах пациентов ($p > 0,05$).

Таблица 2. Результаты тестирования по школе Борга и в тесте 6-минутной ходьбы пациентов основной группы и группы контроля

| Показатель | Группа контроля (n=9) | | Группа вмешательства (n=9) | |
|-------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|
| | До реабилитации | После реабилитации | До реабилитации | После реабилитации |
| Тест 6-минутной ходьбы, метры | 247,8 [216,6; 278,9] | 247,8 [215,2; 280,3] | 185,6 [136,5; 234,6] | 254,4 [184,2; 324,7]*:** |
| Шкала Борга, баллы | 5 [5; 6] | 5 [5; 6] | 5 [5; 7] | 5 [5; 5]* |

*Примечание. Данные представлены медианой (Me) и квартилями (LQ; UQ); * - Анализ различий до и после реабилитации произведён с помощью критерия Волкогона, $p < 0,05$; ** - анализ различий между группами произведён с помощью теста Манна-Уитни, $p < 0,05$.*

При оценке динамики до и после курса реабилитации статистически значимые изменения были получены только в группе вмешательства при оценке выраженности одышки (по шкале Борга) ($p = 0,01$) и в тесте 6-минутной ходьбы ($p = 0,007$) (таблица 1). И только в группе, получавшей электростимуляцию мышц и тренировки с биологической обратной связью, виртуальной реальностью, изменения дистанции, в метрах, в тесте 6-минутной ходьбы были статистически значимо больше чем в группе контроля ($p = 0,03$).

При оценке прироста расстояния, пройденного в метрах, в группе контроля было отмечено его увеличение (прирост) на 1,6%, в группе вмешательства – на 36,1%.

Программа реабилитации, включающая стимуляцию диафрагмы и физические тренировки с биологической обратной связью и виртуальной реальностью, хорошо переносилась пациентами. Ни один пациент не был исключен из исследования, обе группы пациентов закончили протокол на 95 и 97 % (группа контроля и группа вмешательства соответственно).

Один пациент из группы вмешательства сообщил о кратковременных и безболезненных «подергиваниях мышц» в месте наложения электродов.

ОБСУЖДЕНИЕ

ЛР является важной составной частью немедикаментозной терапии при ХОБЛ. Её целью является лечение, восстановление и улучшение состояния функции дыхания [6,7]. Основным методом реабилитации

пациентов с ХОБЛ признаны физические тренировки [5]. Помимо физических тренировок в зале, использования велоэргометров или тредмилов, прогулок и скандинавской ходьбы, в немецких и российских руководствах для пациентов с ХОБЛ рекомендуется использовать вспомогательные технические средства для выделения бронхиального секрета и/или создания положительного давления выдоха (в том числе дыхательные тренажёры); ингаляции, как чистого кислорода, так и кислород-содержащих смесей (по потребности); эрготерапию и вспомогательные средства адаптации; когнитивно-поведенческую терапию, и другие психотерапевтические техники; гипербарическую оксигенотерапию и прочие методы аппаратной физиотерапии [5, 8-10].

При анализе отдельных публикаций в отношении эффективности и безопасности применения вспомогательных технических средств для выделения бронхиального секрета и создания положительного давления выдоха, а также ингаляций кислорода в различные соотношения с вдыхаемым воздухом и/или инертными газами, следует отметить отсутствие рандомизированных контролируемых исследований на достаточной выборке пациентов, доказывающих клиническую ценность использования данных устройств и/или газовых смесей у пациентов с ХОБЛ со стабильным средне-тяжёлым течением, вне обострения, вне периода нахождения в палате или отделении интенсивной терапии [8].

В отношении назначения эрготерапии и использования вспомогательных средств адаптации пациентами ХОБЛ также отсутствуют рандомизированные контролируемые исследования на достаточной выборке пациентов, доказывающие их клиническую ценность, хотя и имеются отдельные убедительные доказательства эффективности данных методик и накопленный эмпирический опыт их применения в реабилитационных клиниках Германии [8].

В отношении гипербарической оксигенотерапии в серии экспериментальных и клинических исследований были получены противоречивые данные. С одной стороны, существует достаточное число клинических исследований, доказывающих эффективность применения методики у пациентов с ХОБЛ. С другой стороны, имеются патофизиологические работы, демонстрирующие отсутствие проникновения достаточного для пациента с ХОБЛ количества кислорода в системный кровоток [8].

Применение когнитивно-поведенческой и других методик психотерапии достаточно эффективно и рекомендовано большим числом руководств, однако анализ имеющихся публикаций, свидетельствует о необходимости персонализированного назначения их пациентам, после предварительной консультации врача-психотерапевта (психолога) [6-10].

В отношении применения аппаратной физиотерапии имеется много противоречивых и неоднозначных рекомендаций. Наиболее признанной и эффективной методикой, рекомендуемой к применению при проведении ЛР пациентам с ХОБЛ большинством отечественных и западных руководств, является электростимуляция диафрагмы. Методика позволяет улучшить силу стимулированных мышц диафрагмы и грудной клетки, нормализовать их трофику, изменить паттерн дыхания, при этом тренировочный эффект достигается без дополнительной нагрузки на кардиореспираторную систему [6, 11-13].

Имеется относительно небольшое число публикаций относительно применения высокотехнологичного реабилитационного оборудования у пациентов с ХОБЛ. Одной из наиболее ярких и наглядно демонстрирующих все его преимущества является работа Rutkowski S. et al. (2020), в которой сравнивались результаты применения программ ЛР: включающей только лечебную гимнастику (1 группа); включающей добавление физических тренировок с помощью систем с виртуальной реальностью к обычной программе ЛР с лечебной гимнастикой (2 группа); и тренировок только в виртуальной реальности (3 группа). Наилучший результат по данным тестирования (в тесте 6-минутной ходьбы, тесте на сгибание рук, тесте «Встань и иди» и другие) был получен во второй группе, в которой программа ЛР помимо обычных физических тренировок была дополнена тренировками с помощью систем с виртуальной реальностью [14].

Таким образом, исследуемый нами новый комплекс реабилитации пациентов с ХОБЛ объединяет и суммирует эффекты отдельных методик, входящих в его состав и демонстрирует высокую эффективность, значительно превосходящую стандартный метод реабилитации, в тесте 6-минутной ходьбы и снижает субъективное ощущение одышки по данным шкалы Борга.

Достоинством нашего исследования являлось изучение нового комплекса реабилитации, объединившего в себе наиболее эффективные методики ЛР [15-17]. Ограничением – пилотный характер исследования, позволивший изучить данные 18 пациентов. Однако, учитывая обнадеживающие результаты исследования, после изучения метода на достаточной выборке пациентов, исследуемую программу реабилитации, можно рекомендовать для применения в реабилитационных отделениях для больных со среднетяжёлым течением ХОБЛ, вне обострения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новый комплекс реабилитации пациентов с ХОБЛ показал высокую эффективность, превосходящую стандартный метод реабилитации, в тесте 6-минутной ходьбы и снижении субъективного ощущения одышки по данным шкалы Борга, и в последствии может быть рекомендован для использования в реабилитации пациентов со среднетяжёлой ХОБЛ.

Благодарности: Автор выражает искреннюю благодарность врачам отделения реабилитации взрослых пациентов и их пациентам, принявшим участие в исследовании.

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования: отсутствует.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Российский статистический ежегодник. 2021. Росстат. 692 с. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejegodnik_2021.pdf Russian statistical yearbook. 2021. Rosstat. 692 p. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejegodnik_2021.pdf (In Russ.) (accessed: 11 Nov 2023)
2. Драпкина О.М., Концевая А.В., Муканеева Д.К., Смирнова М.И., Анциферова А.А., Лукьянов М.М., Мырзаматова А.О., Моховиков Г.И., Худяков М.Б., Авдеев С.Н. Прогноз социально-экономического бремени хронической обструктивной болезни легких в Российской Федерации в 2022 году. Пульмонология. 2022; 32 (4): 507-516. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2022-32-4-507-516>
3. Drapkina O.M., Kontsevaya A.V., Mukaneeva D.K., Smirnova M.I., Antsiferova A.A., Lukyanov M.M., Myrzammatova A.O., Mokhovikov G.I., Khudyakov M.B., Avdeev S.N. Forecast of the socioeconomic burden of COPD in the Russian Federation in 2022. Pul'monologiya. 2022; 32 (4): 507-516. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2022-32-4-507-516> (In Russ.)
4. Andreeva E., Pokhaznikova M., Lebedev A., [Moiseeva I.](#), [Kutznetsova O.](#), [Degryse J.-M.](#) The prevalence of chronic obstructive pulmonary disease by the Global Lung Initiative equations in North-Western Russia. Respiration. 2016; 91 (1): 43-55. Respiration. <https://doi.org/10.1159/000442887>
4. Быстрицкая Е.В., Биличенко Т.Н. Заболеваемость, инвалидность и смертность от болезней органов дыхания в Российской Федерации (2015–2019). Пульмонология. 2021; 31(5): 551-561. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2021-31-5-551-561>
5. Bystritskaya E.V., Bilichenko T.N. The morbidity, disability, and mortality associated with respiratory diseases in the Russian Federation (2015 - 2019). Pul'monologiya. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2021-31-5-551-561> (In Russ.)
5. Клинические рекомендации. Хроническая обструктивная болезнь лёгких, Российское респираторное общество. 2023. https://spulmo.ru/upload/kr/HOBL_2023_draft.pdf.
6. Clinical recommendations. Chronic obstructive pulmonary disease, Russian Respiratory Society. 2023. https://spulmo.ru/upload/kr/HOBL_2023_draft.pdf. (In Russ.) (accessed: 11 Nov 2023)
6. Легочная реабилитация. Под ред. Белевского А.С., Мещеряковой Н.Н. М.: «Атмосфера»; 2018. Pulmonary rehabilitation. Ed. Belevskij A.S., Meshcheryakova N.N. M.: «Atmosphere»; 2018. (In Russ.)
7. S2k-Leitlinie zur Diagnostik und Therapie von Patienten mit chronisch obstruktiver Bronchitis und Lungenerkrankung (COPD). https://register.awmf.org/assets/guidelines/020-0061_S2k_COPD_chronisch-obstruktive-Lungenerkrankung_2018-01.pdf (In German.)
8. Weise S., Kardos P., Pfeiffer-Kascha D. Empfehlungen zur physiotherapeutischen Atemtherapie. Dustri Verlag Dr. Karl Feistle; 2008. (In German.)
9. Пульмонология. Национальное руководство. Под ред. Чучалина А.Г. М.: GEOTAR-Медиа; 2020. Pulmonology. National leadership. Ed. Chuchalin A.G. M.: GEOTAR-Media; 2020 (In Russ.)
10. Овчаренко С.И., Волель Б.А., Галецкайте Я.К. Персонализированный подход к легочной реабилитации больных с хронической обструктивной болезнью лёгких. Терапевтический архив. 2017; 89 (3): 18-23. <https://10.17116/terarkh201789318-23>
11. Ovcharenko S.I., Volel B.A., Galetskaitė Y.K. Personalized approach to pulmonary rehabilitation of patients with chronic obstructive pulmonary disease. Therapeutic archive. 2017; 89 (3): 18-23. <https://10.17116/terarkh201789318-23> (In Russ.)
11. Chen Y., Li P., Wang J., Wu W., Liu X. Assessments and Targeted Rehabilitation Therapies for Diaphragmatic Dysfunction in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Narrative Review. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. 2022; 17: 457-473. <https://doi.org/10.2147/COPD.S338583>
12. Morris I.S., Bassi T., Bellissimo C.A., de Perrot M., Donahoe L., Brochard L., Mehta N., T. Viral, Ferguson N.D., Goligher E.C. Proof of Concept for Continuous On-Demand Phrenic Nerve Stimulation to Prevent Diaphragm Disuse during Mechanical Ventilation (STIMULUS): A Phase 1 Clinical Trial. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 2023; 208 (9): 992-995. <https://doi.org/10.1164/rccm.202305-0791LE>
13. Vanderthommen M., Duchateau J. Electrical stimulation as a modality to improve performance of the neuromuscular system. Exerc Sport Sci Rev. 2007; 35(4): 180-5. <https://10.1097/jes.0b013e318156e785>.
14. Rutkowski S., Rutkowska A., Kiper P., Jastrzebski D., Rachenik H., Turolla A., Szczegielniak J., Casaburi R. Virtual Reality Rehabilitation in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Randomized Controlled Trial. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. 2020; 15: 117-124. <https://doi.org/10.2147/COPD.S223592>
15. Беньков А.А. Перспективные методы аппаратной физиотерапии для изучения их сочетанного применения: механизмы действия, клиническая эффективность. Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2023. 2: 3-12
16. Benkov A.A. Promising methods of hardware physiotherapy to study their combined application: mechanisms of action, clinical efficiency. Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2023. 2: 3-12. (In Russ.)
16. Куликова Н.Г., Кончугова Т.В., Чхеидзе Т., Ткаченко А.С. Физиотерапия в реабилитации пациентов с интерстициальными поражениями легких после COVID-19. Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2022. 2: 23-36.

Kulikova N.G., Konchugova T.V., Chkheidze T., Tkachenko A.S. Physiotherapy in the rehabilitation of patients with interstitial lung lesions after COVID-19. Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2022. 2: 23-36. (In Russ.)
17. Биличенко Т.Н. Легочная реабилитация при хронической обструктивной болезни легких (обзор данных рандомизированных клинических исследований, национальных и международных рекомендаций). Вестник восстановительной медицины. 2020; 5 (99): 26–37. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-99-5-26-37>
Bilichenko T.N. Pulmonary Rehabilitation of Chronic Obstructive Pulmonary Diseases (Review of Clinical trials, National and International Recommendations). Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2020; 5 (99): 26-37. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-99-5-26-37> (In Russ.)

MEDICAL REHABILITATION OF PATIENTS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE

Grishechkina I. A.

Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

ABSTRACT. The Russian Federation is one of the countries with a high prevalence of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). Features of the Russian population are the predominance of people with moderate and severe disease, a high frequency of emergency medical calls and hospitalizations associated with exacerbation of COPD. The purpose of the study is to evaluate the effectiveness and safety of the use of a new comprehensive rehabilitation program in comparison with the standard program in patients with moderate-severe COPD. From July 1, 2021 to December 1, 2022, an open comparative study was conducted at the Department of Medical Rehabilitation of the Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center of the Republic of Kazakhstan" of the Ministry of Health of Russia, which included 18 patients with moderate-severe COPD. The intervention group received a new rehabilitation complex with therapeutic exercises, physical training with biofeedback, virtual reality and electrical stimulation of the diaphragm, consultation with a psychologist, the control group received therapeutic exercises and physical training on a treadmill. Patients, before and after the rehabilitation course, underwent a survey and physical examination, testing according to the Borg scale, SpO₂ study, 6-minute walk test and spirometry. Increased muscle strength after rehabilitation resulted in a decrease in dyspnea (Borg scale) ($p=0.01$) and an increase in walking distance in meters in the 6-minute walk test ($p=0.007$) in the intervention group. When assessing the increase in distance traveled in meters, an increase of 1.6% was noted in the control group, and by 36.1% in the intervention group. In terms of external respiratory function indicators, SpO₂, the patient groups did not differ neither in the dynamics before and after training, nor among themselves ($p>0.05$). Thus, the studied rehabilitation complex demonstrated high efficiency, superior to the standard rehabilitation method, in the 6-minute walk test and the perception of shortness of breath (according to the Borg scale), and can be recommended for use in the rehabilitation of patients with moderate-severe COPD.

KEYWORDS: pulmonary disease, chronic obstructive, electric stimulation, virtual reality, diaphragm, medical rehabilitation

Сведения об авторах

Гришечкина Ирина Александровна, к.м.н., старший научный сотрудник отдела изучения механизмов действия физических факторов ФГБУ «НМИЦ реабилитации и курортологии» Минздрава России, 121099, г. Москва, ул. Новый Арбат, 32, Россия, e-mail: GrishechkinaIA@nmicrk.ru, <http://orchid.org/0000-0002-4384-2860>

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 616.89; 615.82; 615.83; 615.84; 615.86

РИТМИЧЕСКАЯ ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ МАГНИТНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ И КОГНИТИВНЫЕ ТРЕНИНГИ В КОГНИТИВНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ИШЕМИЧЕСКИЙ ИНСУЛЬТ

Кузюкова А.А.^{1*}, Загайнова А.Ю.¹, Мокеев И.Н.¹, Юрова Ю.А.^{1,2}, Добрякова В.В., Юрова О.В.¹, Фесюн А.Д.

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ. Разработка эффективных технологий когнитивной реабилитации для пациентов, перенесших инсульт, до сих пор сохраняет свою актуальность. Ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция (рТМС) как в качестве монотерапии, так и в комбинации с когнитивными тренингами (КТ) считается перспективной методикой, способной улучшать когнитивные функции. Цель исследования – оценить эффективность изолированного и комплексного, в сочетании с КТ, влияния рТМС на когнитивные нарушения пациентов, перенесших инсульт. Обследован 121 пациент с ишемическим инсультом в бассейне среднемозговой артерии случайным методом, разделенный на 4 группы: 1 группа Контроль (30 пациентов) – получали базовый реабилитационный комплекс (БК); 2 группа (30 пациентов) – БК+КТ; 3 группа (31 пациент) – БК+рТМС; 4 группа (30 пациентов) – БК+рТМС+КТ. В отличие от 1 группы, в группах 2–4 имела место положительная динамика по показателям, оценивающим когнитивные функции. Изолированное использование рТМС дает слабopоложительные результаты: достоверно повышает показатели по шкале MMSE и немного сокращает среднее время выполнения заданий по методике «Таблицы Шульте»; комплекс рТМС+КТ значимо (более чем на 10%) сокращает время выполнения заданий по таблицам Шульте и улучшает показатели по Шкалам МОСА и MMSE. Проведенное исследование подтверждает положительное влияние рТМС на когнитивные функции у пациентов, перенесших инсульт, и показывает, что комплекс рТМС+КТ имеет явное преимущество перед самостоятельным применением рТМС.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: когнитивная реабилитация, ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция, рТМС, компьютерные когнитивные тренинги, когнитивные тренинги, инсульт, реабилитация, когнитивная реабилитация

ВВЕДЕНИЕ

Инсульт представляет серьезную проблему являясь основной причиной смертности и инвалидизации населения [1, 2]. Через 6 мес после инсульта когнитивные нарушения выявляются примерно у 45-80% пациентов, деменция - у 10-15%; через 5 лет деменция развивается уже у 20-25% пациентов; риск развития деменции в первые три месяца после инсульта у пациентов старше 60 лет в 9 раз выше, чем у пожилых людей без инсульта – инсульт в 6 раз повышает риск развития деменции [3]. Наличие когнитивных расстройств негативным образом отражается на процессе реабилитации. Существует прямая зависимость между состоянием когнитивных функций и возвращением пациентов с легким неврологическим дефицитом

* Адрес для переписки:

Кузюкова Анна Александровна, e-mail: Kuzyukovaaa@nmicrk.ru, anna_kuzyukova@mail.ru

Цитирование. Кузюкова А.А., Загайнова А.Ю., Мокеев И.Н., Юрова Ю.А., Добрякова В.В., Юрова О.В., Фесюн А.Д. Ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция и когнитивные тренинги в когнитивной реабилитации пациентов, перенесших ишемический инсульт. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 9-18.

Citation: Kuzyukova A.A., Zagainova A.Yu., Mokeev I.N., Dobyarkova V.V., Yurova Yu.A. Repetitive transcranial magnetic stimulation and cognitive training in the cognitive rehabilitation of patients who have suffered an ischemic stroke. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 9-18.

к труду [4]. Разработка эффективных технологий когнитивной реабилитации для пациентов с ОНМК представляет высокую актуальность. В настоящее время появляется все больше данных о положительном влиянии рТМС на нейропластичность и перспективности данного метода у пациентов с ОНМК и нейродегенеративными заболеваниями для улучшения психоэмоционального статуса, восстановления когнитивных и двигательной функций [6-10]. Проведенный Д.Ю. Лагода (2021) анализ литературы показал, что у пациентов с цереброваскулярными заболеваниями (ЦВЗ) при умеренных когнитивных нарушениях потенциально эффективной является высокочастотная стимуляция левой дорсолатеральной префронтальной коры (ДЛПФК), тогда как другие протоколы требуют дополнительных исследований. Недавно проведенное тем же автором исследование подтвердило положительное влияние навигационной высокочастотной рТМС левой ДЛПФК при умеренных когнитивных расстройствах сосудистого генеза [7]. В настоящее время активно проводятся исследования, число которых лавинообразно растет, направленные на подтверждение эффективности влияния рТМС на когнитивные нарушения, развивающиеся после инсульта и при болезни Альцгеймера, и других патологиях. Полученные результаты свидетельствуют в пользу положительного влияния рТМС на когнитивные функции, однако в публикуемых метаанализах отмечается, что приводимых доказательств недостаточно, и есть необходимость дальнейшего изучения данной методики [11-13]. Также, приводятся данные свидетельствующие, что комбинирование рТМС с КТ является более эффективным для улучшения когнитивных функций, в сравнении с самостоятельным применением рТМС, в тоже время проводимые исследования носят разрозненный характер, указывающий на необходимость более тщательного изучения данной методики [14].

ЦЕЛЬ

Оценить эффективность изолированного и комплексного (в сочетании с КТ) влияния рТМС на когнитивные функции пациентов, перенесших инсульт.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На базе отделения медицинской реабилитации пациентов в заболеваниях центральной нервной системы ЛРКЦ Юдино филиала ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России в рамках реализуемого Государственного задания проведено рандомизированное контролируемое исследование, направленное на разработку перспективных методик когнитивной реабилитации, в которое был включен 121 пациент, перенесший ОНМК по ишемическому типу в бассейне средней мозговой артерии в течении года, в возрасте от 45 до 75 лет в сроки с 2021 по 2023 гг.. Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Критериями невключения в исследование являлись: 1) злокачественные новообразования, нуждающиеся в радикальном лечении 2) доброкачественные новообразования, нуждающиеся в уточнении диагноза и в динамическом наблюдении; 3) лица, страдающие психическими расстройствами; 6) речевые нарушения средней и тяжелой степени выраженности; 7) все заболевания, в том числе инфекционные, в острой стадии, хронические заболевания в стадии обострения или декомпенсации; 8) когнитивные нарушения, достигающие степени умеренной деменции (менее 20 баллов по шкале MMSE); 9) все заболевания и состояния, требующие стационарного лечения, в том числе и хирургического вмешательства; 10) женщины в период беременности, родов, женщины в период грудного вскармливания; 11) военнослужащие; 12) наличие общих противопоказаний для проведения физической терапии; 13) некомпенсированная гипертоническая болезнь, сердечная недостаточность; 14) наличие крупных аневризм сосудов головного мозга и сердца; 15) наличие имплантированного кардиостимулятора; 16) трансплантационные магистральные сосуды; 17) лечение антиконвульсантами; 18) наличие внутричерепных металлических имплантатов; 19) наличие имплантированных помп, насосов (при условии их расположения в непосредственной близости от индуктора магнитного поля); 20) наличие слуховых аппаратов и кохлеарных имплантатов; 21) наличие имплантированных приборов для глубокой стимуляции мозга (DBS). Критериями исключения из исследования, были: 1) несоблюдение протокола; 2) развитие нежелательных явлений.

Перед началом проведения реабилитационных мероприятий все пациенты проходили тщательное обследование с участием врача-невролога, психотерапевта, нейропсихолога, психолога со сбором анамнеза и заполнением диагностических шкал и опросников. Оценка неврологического состояния проводилась при помощи: Индекса мобильности Ривермид (max – 15 баллов); Модифицированной шкалы спастичности Эшфорта (норма – 0 баллов); Визуально-аналоговая шкалы боли ВАШ (0 – боли нет, 10 – боль нетерпимая); 6-ти бальной шкалы оценки мышечной силы (норма – 6 баллов); Шкалы баланса Берг (41–56 баллов - низкий риск падения; 21–40 баллов – средний риск падения; 0–20 баллов – высокий риск падения); Индекса активности повседневной жизни Бартела – Barthel's index (max – 100 баллов). Для оценки влияния проявлений инсульта на качество жизни пациентов использовалась шкала оценки качества жизни при инсульте – Stroke-Specific Quality Of Life – SS-QOL(max – 250 баллов). Эмоциональное состояние оценивалось при помощи госпитальной шкалы депрессии Бека – Beck Depression Inventory – BDI (0-9 баллов)

– норма, 10-18 – легкая депрессия, 19-29 – умеренная депрессия, 30 и более – явно выраженная депрессия) и шкалы тревоги Спилбергера-Ханина (State-Trait Anxiety Inventory - STAI) (определялась ситуативная и личностная тревожность: менее 30 баллов – низкая, 31-44 – умеренная, 45 и более – высокая). Для оценки состояния когнитивных функций использовались: Краткая шкала оценки психического статуса Mini-Mental State Examination – MMSE, позволяющая выявить возможные когнитивные нарушения, в том числе деменцию, и отслеживать их динамику (где 30-28 баллов – норма, 27-24 – легкие когнитивные нарушения, 20-23 – деменция легкой степени, 19 и 11 – умеренная деменция); Монреальская шкала оценки когнитивных функций Montreal Cognitive Assessment – MoCA, позволяющая диагностировать умеренные когнитивные расстройства (где, 30-26 баллов норма, 25 и более – когнитивные нарушения); Методика «Таблицы Шульте» [12], позволяющая выявлять нарушения концентрации и устойчивости внимания, а также его истощаемость – оценивались среднее время выполнения заданий (нормативные показатели по каждой таблице составляют до 40-50 с) и разброс по времени выполнения отдельных заданий – показатель более 15 с расценивался как признак неравномерности внимания, его флюктуации [15].

Методом рандомизации пациенты распределялись на 4 группы:

- 1 группа (Контроль) – пациенты, получающие базовый реабилитационный комплекс (БК);
- 2 группа пациенты, получающие БК + компьютерный когнитивный тренинг (КТ);
- 3 группа пациенты, получающие БК + рТМС;
- 4 группа пациенты, получающие БК + рТМС + КТ.

В группах 2-4 у пациентов, перенесших ишемический инсульт изучалось лечебное действие перспективных методик когнитивной реабилитации на фоне базовой терапии.

Когнитивные тренировки выполнялись на Комплексной системе электростимуляции, лечения, анализа и реабилитации когнитивно-двигательных расстройств в исполнении RehaCom, Nasomed. Использовались программы, направленные на тренировку бдительности и разделенное внимание, продолжительностью по 30 мин, всего за курс пациенты получали 10-12 процедур.

Ритмическая ТМС проводилась аппаратом Стимулятор магнитный «Нейро-МС/Д» («Нейрософт», Россия). Для стимуляции левой ДЛПФК использовались следующие параметры: частота 20 Гц, стимуляция сериями по 2 с, межсерийный интервал 28 с, 2400 стимулов за 1 сессию (продолжительность сессии — 30 мин). Всего 10 сессий. Сессии проводились в одно и то же время, 5 сессий в неделю (по рабочим дням организации).

Интенсивность стимуляции — 100% от порога вызванного моторного ответа (ВМО).

Порог ВМО для подбора интенсивности рТМС определяли перед первой сессией с использованием компьютерного нейрофизиологического 2-канального комплекса для исследования электромиограммы и вызванных потенциалов "Нейро-МВП-Микро".

Базовый реабилитационный комплекс, включал групповую лечебную гимнастику, локальные вихревые ванны для конечностей; низкоинтенсивную лазеротерапию при заболеваниях нервной системы, общую магнитотерапию; массаж паретичной конечности, статокинетические нагрузки с использованием технологии БОС, роботизированную механотерапию.

По завершению курса реабилитации пациенты повторно осматривались специалистами с заполнением вышеперечисленных шкал и опросников.

Статистический анализ

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.0.4 (разработчик ООО «Статтех», Россия). Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка (при числе исследуемых менее 50). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1 – Q3). Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение трех и более групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью критерия Краскела-Уоллиса. Сравнение процентных долей при анализе многопольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона. При сравнении количественных показателей, распределение которых отличалось от нормального, в двух связанных группах, использовался критерий Уилкоксона. Различия считались достоверными при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуемые группы несколько различались по полу, возрасту, уровню образования и бассейну поражения, однако статистической значимости данные различия не имели (табл. 1).

Таблица 1. Демографические показатели и локализация очага поражения у исследуемых групп пациентов

| Группа/демографические показатели | пол | | Возраст, лет/ Me [Q ₁ – Q ₃] | образование | | бассейн поражения | |
|-----------------------------------|--------------------|----------------|--|--------------------|-----------|--------------------|-------------|
| | Мужской, n (%) | Женский, n (%) | | высшее | среднее | ПСМА, n (%) | ЛСМА, n (%) |
| Контроль (n=30) | 20 (66,7) | 10 (33,3) | 60,50 [54,25 – 66,75] | 9 (30,0) | 21 (70,0) | 17 (56,7) | 13 (43,3) |
| КТ (n=30) | 21 (70,0) | 9 (30,0) | 63,50 [58,00 – 71,75] | 13 (43,3) | 17 (56,7) | 17 (56,7) | 13 (43,3) |
| pTМС (n=31) | 23 (74,2) | 8 (25,8) | 62,00 [57,00–66,00] | 14 (45,2) | 17 (54,8) | 12 (38,7) | 19 (61,3) |
| pTМС+КТ (n=30) | 24 (80,0) | 6 (20,0) | 62,00 [53,25 – 66,00] | 14 (46,7) | 16 (53,3) | 19 (63,3) | 11 (36,7) |
| p | 0,505 [^] | | 0,571 ^{^^} | 0,756 [^] | | 0,349 [^] | |

Примечание: [^] - используемый метод: Хи-квадрат Пирсона; ^{^^} - используемый метод: Критерий Краскела–Уоллиса, где: Контроль – контрольная группа, получающая базовую терапию (БТ); КТ – группа, получающая БТ+когнитивные тренинги; pTМС – группа получающая БТ+ pTМС, pTМС+КТ – группа, получающая БТ+ pTМС+КТ; ПСМА – правая среднемозговая артерия; ЛСМА – левая среднемозговая артерия

Исходно группы были сопоставимы по исследуемым показателям неврологических шкал и уровню боли (табл. 2)/

Таблица 2. Исходные показатели неврологического состояния в группах

| Группа, количество пациентов/шкалы оценки неврологического состояния | Ривермид, баллы/ Me [Q ₁ – Q ₃] | Ашворт, баллы/ Me [Q ₁ – Q ₃] | ВАШ, баллы/ Me [Q ₁ – Q ₃] | Мышечная сила, баллы/ Me [Q ₁ – Q ₃] | Berg Balans, баллы/ Me [Q ₁ – Q ₃] | Бартел, баллы/ Me [Q ₁ – Q ₃] |
|--|--|--|---|---|---|--|
| Контроль (n=30) | 11,00 [10,00 – 13,75] | 1,00 [0,00 – 1,75] | 2,00 [0,00 – 3,75] | 4,00 [3,00 – 4,00] | 43,00 [33,25 – 48,00] | 75,00 [70,00 – 80,00] |
| КТ (n=30) | 11,00 [10,00–12,75] | 1,00 [0,00 – 1,00] | 4,00 [0,00 – 5,00] | 3,00 [3,00 – 4,00] | 43,00 [35,25 – 48,00] | 75,00 [71,25 – 80,00] |
| pTМС (n=31) | 11,00 [9,00 – 13,00] | 0,00 [0,00 – 1,00] | 3,00 [0,00 – 4,00] | 3,00 [2,00 – 4,00] | 44,00 [34,00 – 48,00] | 75,0 [70,0–80,0] |
| pTМС+КТ (n=30) | 12,00 [10,00 – 14,00] | 0,00 [0,00 – 1,00] | 2,00 [0,00 – 4,00] | 3,75 [3,00 – 4,00] | 42,00 [35,00 – 48,00] | 75,00 [70,00 – 83,75] |
| p | 0,125 [^] | 0,077 [^] | 0,617 [^] | 0,769 [^] | 0,882 [^] | 0,781 [^] |

Примечание: [^] - используемый метод: Критерий Краскела–Уоллиса, где: Контроль – контрольная группа, получающая базовую терапию (БТ); КТ- группа получающая БТ+когнитивные тренинги; pTМС - группа получающая БТ+ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция (pTМС), pTМС+КТ – группа, получающая БТ+ pTМС+КТ; Ривермид – индекс мобильности Ривермид; Эшворт - Модифицированная шкала спастичности Эшфорта; ВАШ- визуально-аналоговая шкала боли; Мышечная сила -6-ти бальная шкала оценки мышечной силы; Шкала Берг– шкала баланса Берг; Бартел – индекс активности повседневной жизни Бартела

Наиболее высокий уровень качества жизни регистрировался в группе рТМС+КТ, не исключено, что это обуславливалось более высокими показателями индекса мобильности Ривермид у пациентов данной группы, свидетельствующем о меньших двигательных ограничениях. В тоже время исходные различия по данному параметру не достигали статистической достоверности. Группы были сопоставимы по шкале депрессии Бека, в них средний показатель соответствовал верхней границе нормы (9 баллов) и превалировали состояния, относящиеся к норме и легкой депрессии (табл. 3).

Несмотря на то, что по показателям ситуативной и личностной тревожности Шкалы Спилбергер-Ханина статистически достоверных межгрупповых различий получено не было, изначально группы несколько различались по уровню тревоги – если в группах Контроль и КТ показатели ситуативной и личностной тревоги соответствовали умеренному уровню, считающемуся оптимальным, то в группе рТМС уровень ситуативной и личностной тревоги соответствовал не только среднему, но и высокому уровням, а в группе рТМС+КТ ситуативная тревога была умеренной, а личностная также соответствовала умеренному и высокому уровням. Таким образом, группы были сопоставимы по уровню депрессии, но в группах рТМС и рТМС+КТ уровни тревожности были несколько более высокими.

Таблица 3. Исходные показатели качества жизни и эмоционального фона по группам

| Группа, количество пациентов/шкала | Контроль (n=30) | КТ (n=30) | рТМС (n=31) | рТМС+КТ (n=30) | p |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| SS-QOL, баллы/ Ме [Q ₁ – Q ₃] | 182,50 [169,25 – 199,25] | 182,50 [169,25 – 199,25] | 187,00 [165,00 – 214,50] | 193,50 [178,25 – 203,25] | 0,229 [^] |
| BDI, баллы/ Ме [Q ₁ – Q ₃] | 9,00 [6,00 – 12,75] | 9,00 [6,00 – 12,75] | 9,00 [5,50 – 13,00] | 9,00 [6,00 – 13,75] | 0,232 [^] |
| STAI (СТ), баллы/ Ме [Q ₁ – Q ₃] | 35,00 [27,25 – 40,75] | 35,00 [27,25 – 40,75] | 35,0 [29,50 – 48,50] | 32,50 [24,50 – 41,50] | 0,864 [^] |
| STAI (ЛТ), баллы/ Ме [Q ₁ – Q ₃] | 32,50 [30,25 – 38,25] | 32,50 [30,25 – 38,25] | 42,00 [35,00 – 51,00] | 40,00 [31,00 – 45,00] | 0,752 [^] |

Примечание: [^] используемый метод: Критерий Краскела–Уоллиса, Контроль – контрольная группа, получающая базовую терапию (БТ); КТ- группа, получающая БТ+когнитивные тренинги; рТМС - группа получающая БТ+ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция (рТМС), рТМС+КТ – группа, получающая БТ+ рТМС+КТ; SS-QO - шкала оценки качества жизни при инсульте -Stroke-Specific Quality of Lif; BDI - Beck Depression Inventory шкалы депрессии Бека, STAI - State-Trait Anxiety Inventory шкалы ситуативной (СТ) и личностной (ЛТ) тревоги Спилбергер-Ханина.

По шкале MMSE в группах Контроль, КТ и рТМС исходные показатели соответствовали норме и легким когнитивным нарушениям, в группе рТМС+КТ –легким когнитивным нарушения. По Шкале МоСа в группе Контроль и рТМС регистрировались норма и когнитивные нарушения, а в группе КТ и рТМС – преимущественно когнитивные нарушения, в тоже время значимых межгрупповых различий, как и по шкале MMSE установлено не было. По методике «Таблицы Шульте» во всех группах показатели среднего времени выполнения заданий варьировали от пограничного уровня (верхней границы нормы – 40-50 с) и выше. Разброс по времени выполнения отдельных заданий во всех группах в среднем превышал 15 с, худшие показатели регистрировались в группе КТ, хотя статистически достоверных различий они не достигали.

Таблица 4. Исходные показатели когнитивных функций по группам

| Группа, количество пациентов/шкала | Контроль (n=30) | КТ (n=30) | рТМС (n=31) | рТМС+КТ (n=30) | p |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| MMSE | 27,50 [25,00 – 29,00] | 27,00 [26,00 – 28,00] | 27,00 [24,00 – 28,00] | 26,00 [25,00 – 27,00] | 0,577 [^] |
| МоСа | 25,00 [22,25 – 26,00] | 23,00 [20,25 – 24,00] | 23,00 [21,00 – 27,00] | 24,00 [21,25 – 25,00] | 0,108 [^] |
| Шульте среднее, секунды | 56,70 [43,75 – 83,35] | 56,70 [47,45 – 80,90] | 56,80 [45,70 – 73,90] | 59,40 [46,05 – 80,05] | 0,973 [^] |
| Шульте разброс, секунды | 21,50 [12,00 – 32,00] | 24,00 [16,00 – 34,75] | 18,00 [13,00 – 26,00] | 19,50 [13,00 – 31,00] | 0,811 [^] |

Примечание: [^] используемый метод: Критерий Краскела–УоллисаКонтроль – контрольная группа, получающая базовую терапию (БТ); КТ – группа, получающая БТ+когнитивные тренинги; рТМС – группа, получающая БТ+ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция (рТМС), рТМС+КТ – группа, получающая БТ+ рТМС+КТ; MMSE – Mini-Mental State Examination краткая шкала оценки психического статуса; МоСа – Montreal Cognitive Assessment Монреальская шкала оценки когнитивных функций; Шульте среднее – среднее время выполнения заданий по методике «Таблицы Шульте», Шульте разброс – разница между самым коротким и самым длительным временем поиска чисел по таблице Шульте

При повторном контрольном осмотре во всех группах отмечалась значимая положительная динамика по показателям неврологических шкал и визуально-аналоговой шкалы боли, при этом межгрупповых различий получено не было, эти данные больше свидетельствуют в пользу эффективности курса базовой реабилитации в коррекции двигательного дефицита, и отсутствии значимого влияния изучаемых когнитивных методик на неврологический дефицит (табл. 5).

Таблица 5. Динамики неврологических показателей в группах

| Группа, количество пациентов/шкала | Контрольная группа (n=30) | | КТ(n=30) | | pTMC(n=31) | | pTMC+КТ(n=30) | | p |
|------------------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|----------|
| | до | после | до | после | после | после | до | после | |
| Ривермид, баллы | 11,00[10,00 – 13,75] | 13,00[11,00 – 14,00]* | 11,00 [10,00– 12,75] | 12,00 [11,00 – 13,00]* | 10,50 [9,25 – 14,00]* | 10,50 [9,25 – 14,00]* | 12,00 [10,00 – 14,00] | 13,00 [1,00 – 14,00]* | < 0,001* |
| Эшворт, баллы | 1,00 [0,00 – 1,75] | 0,50 [0,00 – 1,00] | 1,00 [0,00 – 1,00] | 0,50 [0,00 – 1,00] | 0,00 [0,00 – 1,00]* | 0,00 [0,00 – 1,00]* | 0,00 [0,00 – 1,00] | 0,00 [0,00 – 1,00] | < 0,05* |
| ВАШ, баллы | 2,00 [0,00 – 3,75] | 0,00 [0,00 – 2,75]* | 4,00 [0,00 – 5,00] | 2,50 [0,00 – 4,75]* | 0,50 [0,00 – 2,00]* | 0,50 [0,00 – 2,00]* | 2,00 [0,00 – 4,00] | 1,00 [0,00 – 2,75]* | < 0,05* |
| Мышечная сила, баллы | 4,00 [3,00 – 4,00] | 4,00 [3,00 – 4,00]* | 3,00 [3,00 – 4,00] | 4,00 [3,12 – 4,00]* | 4,00 [3,50 – 4,00]* | 4,00 [3,50 – 4,00]* | 3,75 [3,00 – 4,00] | 4,00 [3,00 – 4,00]* | < 0,05* |
| Berg Balans, баллы | 43,00 [33,25 – 48,00] | 42,00 [33,00 – 50,00]* | 43,00 [35,25 – 48,00] | 46,00 [38,00 – 50,00]* | 42,00 [32,00 – 50,00]* | 42,00 [32,00 – 50,00]* | 42,00 [35,00 – 48,00] | 44,00 [8,50 – 50,00]* | < 0,001* |
| Бартел, баллы | 75,00 [70,00 – 80,00] | 85,00 [80,00 – 90,00]* | 75,00 [71,25 – 80,00] | 85,00 [80,00 – 85,00]* | 85,00 [80,00 – 90,00]* | 85,00 [80,00 – 90,00]* | 75,00 [70,00 – 83,75] | 85,00 [80,00 – 90,00]* | < 0,001* |

Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$); ^используемый метод: Критерий Уилкоксона; Контроль – контрольная группа, получающая базовую терапию (БТ); КТ- группа получающая БТ+когнитивные тренинги; pTMC - группа получающая БТ+ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция (pTMC), pTMC+КТ – группа, получающая БТ+ pTMC+КТ; Ривермид -индекс мобильности Ривермид; Эшворт - Модифицированная шкала спастичности Эшфорта; ВАШ- визуально-аналоговая шкала боли; Мышечная сила -6-ти бальная шкала оценки мышечной силы; Шкала Берг– шкала баланса Берг; Бартел - индекс активности повседневной жизни Бартела

В конце реабилитации во всех группах наблюдалась значимая положительная динамика по шкале качества жизни, свидетельствующая об улучшении общего уровня функционирования. Также во всех группах произошло статистически значимое снижение показателей по шкале депрессии Бека. По шкале Спилбергера-Ханина достоверное снижение ситуативной тревоги произошло лишь в группе pTMC, а личностной - в группах pTMC и pTMC+КТ. Следует отметить, значимое снижение уровня тревоги произошло в случаях, в которых изначально данный показатель превышал средние (оптимальные) значения. В двух других группах, Контроль и КТ изначально регистрировался, средний уровень тревоги, являющийся оптимальным, который остался без динамики. Поэтому однозначно делать выводы о положительном влиянии именно pTMC на показатели тревоги и депрессии не представляется возможным, можно лишь предположить, что весь комплекс (включающий и базовую терапию) положительно влияет на эмоциональный фон (табл. 6).

Таблица 6. Динамика качества жизни и эмоционального состояния

| | Контрольная группа (n=30) | | КТ(n=30) | | pTMC(n=31) | | pTMC+КТ(n=30) | | p |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------|
| | до | после | до | после | до | после | до | после | |
| Качество жизни, SS-QOL, баллы | 182,50 [169,25 – 199,25] | 199,50 [186,00 – 214,75]* | 182,50 [169,25 – 199,25] | 199,50 [186,00 – 214,75]* | 187,00 [165,00 – 214,50] | 211,00 [178,50 – 227,00]* | 193,50 [178,25 – 203,25] | 210,50 [200,50 – 220,00]* | < 0,001*^ |
| BDI | 9,00 [6,00 – 12,75] | 7,00 [5,00 – 10,75]* | 9,00 [6,00 – 12,75] | 7,00 [5,00 – 10,75]* | 9,00 [5,50 – 13,00] | 7,00 [4,00 – 10,50]* | 9,00 [6,00 – 13,75] | 7,00 [5,00 – 11,25]* | < 0,05*^ |
| STAI (СТ) | 35,00 [27,25 – 40,75] | 35,00 [30,00 – 40,00] | 35,00 [27,25 – 40,75] | 35,00 [30,00 – 40,00] | 35,0 [29,50 – 48,50] | 35,00 [27,50 – 42,50]* | 32,50 [24,50 – 41,50] | 33,00 [27,25 – 38,50] | < 0,05*^ |
| STAI (ЛТ) | 32,50 [30,25 – 38,25] | 35,00 [30,00 – 41,00] | 32,50 [30,25 – 38,25] | 35,00 [30,00 – 41,00] | 42,00 [35,00 – 51,00] | 39,00 [35,00 – 45,50]* | 40,00 [31,00 – 45,00] | 37,50 [30,50 – 44,75]* | < 0,05*^ |

Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$); ^используемый метод: Критерий Уилкоксона; Контроль – контрольная группа, получающая базовую терапию (БТ); КТ- группа получающая БТ+когнитивные тренинги; pTMC - группа получающая БТ+ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция (pTMC), pTMC+КТ – группа, получающая БТ+ pTMC+КТ; SS-QO - шкала оценки качества жизни при инсульте -Stroke-Specific Quality Of Lif, BDI - Beck Depression Inventory шкала депрессии Бека, STAI - State-Trait Anxiety Inventory шкалы ситуативной (СТ) и личностной (ЛТ) тревоги Спилбергера-Ханина.

В динамике показателей когнитивных функций выявлены существенные межгрупповые различия. В группе Контроль, несмотря на некоторое увеличение показателей шкале по Шкале MMSE и снижение среднего времени выполнения заданий по методике «Таблицы Шульте», значимых различий по всем исследуемым параметрам не получено. В остальных трех группах, получающих дополнительные методики, направленные на улучшение когнитивных функций, отмечалась значимая положительная динамика в виде повышения показателя по шкале MMSE и сокращения среднего времени выполнения заданий по методике «Таблицы Шульте», в последнем случае комплекс pTMC+КТ имел явное преимущество перед изолированным применением КТ и pTMC в виде уменьшения показателя более чем на 10%, тогда как в двух других группах полученные результаты были более скромными. По шкале МОСА значимая положительная динамика получена только в группах КТ и pTMC+КТ. По разбросу времени между выполнением отдельных заданий по методике «Таблицы Шульте» значимые различия в виде снижения данного показателя получены лишь в группе КТ, в которой они изначально были более высокими в сравнении с группами pTMC и pTMC+КТ (табл. 7).

Таблица 7. Динамика показателей когнитивных функций

| | Контрольная группа (n=30) | | КТ(n=30) | | pTMC(n=31) | | pTMC+КТ(n=30) | |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
| | до | после | до | после | до | после | до | после |
| MMSE | 27,50 [25,00 – 29,00] | 26,50 [26,00 – 29,00] | 27,00 [26,00 – 28,00] | 28,00 [26,00 – 28,00]* | 27,00 [24,00 – 28,00] | 28,00 [26,00 – 29,00]* | 26,00 [25,00 – 27,00] | 27,50 [26,00 – 29,00]* |
| MoCa | 25,00 [22,25 – 26,00] | 25,00 [23,00 – 27,00] | 23,00 [20,25 – 24,00] | 25,00 [24,00 – 26,75]* | 23,00 [21,00 – 27,00] | 25,00 [22,50 – 27,00] | 24,00 [21,25 – 25,00] | 25,00 [24,00 – 27,75]* |
| Шульте среднее, секунды | 56,70 [43,75 – 83,35] | 53,60 [41,95 – 78,70] | 56,70 [47,45 – 80,90] | 52,85 [44,35 – 76,10]* | 56,80 [45,70 – 73,90] | 53,80 [39,30 – 67,20]* | 59,40 [46,05 – 80,05] | 53,00 [44,55 – 74,90]** |
| Шульте разброс, секунды | 21,50 [12,00 – 32,00] | 21,50 [13,25 – 40,50] | 24,00 [16,00 – 34,75] | 17,00 [16,00 – 27,75]* | 18,00 [13,00 – 26,00] | 16,00 [7,00 – 28,00] | 19,50 [13,00 – 31,00] | 21,00 [12,25 – 30,50] |

Примечание: * $p < 0,05$, ** $p < 0,001$ – различия показателей статистически значимы ^используемый метод: Критерий Уилкоксона; Контроль – контрольная группа, получающая базовую терапию (БТ); КТ- группа получающая БТ+когнитивные тренинги; pTMC - группа получающая БТ+ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция (pTMC), pTMC+КТ – группа, получающая БТ+ pTMC+КТ; MMSE - Mini-Mental State Examination краткая шкала оценки психического статуса; MoCa - Montreal Cognitive Assessment Монреальская шкала оценки когнитивных функций; Шульте среднее – среднее время выполнения заданий по методике «Таблицы Шульте», Шульте разброс - разница между самым коротким и самым длительным временем поиска чисел по таблице Шульте

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное исследование было направлено на изучение самостоятельного и комплексного влияния, в сочетании с компьютерными когнитивными тренингами, рТМС на психические функции пациентов, перенесших ишемический инсульт в бассейне среднемозговой артерии сроком до года. Выделенные 4 группы (1 - контрольная, получающая базовую терапию (БТ); 2 - группа – БТ + когнитивные тренинги (КТ); 3- группа – БТ + ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция (рТМС); 4 – БТ + рТМС + КТ) были сопоставимы по полу возрасту, уровню образования, локализации очага поражения, неврологическим параметрам и показателям когнитивных функций.

По завершению реабилитационных мероприятий во всех группах получены значимые результаты по показателям исследуемых неврологических шкал и уровню боли, свидетельствующие о положительном влиянии всех комплексов на двигательные функции перенесших инсульт пациентов, без какого-либо преимущества в сравнении с контролем, групп, получающих дополнительные методики, направленные на коррекцию когнитивных нарушений.

К концу реабилитации во всех группах отмечалась положительная динамика эмоционального фона по показателю Шкалы депрессии Бека (по которому все группы изначально имели одинаковые характеристики), тогда как по шкале Спилберга-Ханина значимое снижение уровней личностной тревоги произошло только в группах рТМС и рТМС+КТ в случаях, в которых уровень тревоги изначально превышал средние (оптимальные) показатели (по личностной тревоге - группах рТМС и рТМС+КТ, по ситуационной тревоге в группе рТМС). Таким образом, несмотря на то, что по снижению уровня тревоги положительные результаты были выявлены лишь в группах, получающих рТМС однозначно делать заключение в пользу положительного влияния именно данного метода в настоящее время не представляется возможным.

В сравнении с контролем все исследуемые методы, включающие КТ и/или рТМС положительно влияли на когнитивные функции, достоверно повышая показатели по шкале MMSE и снижая среднее время выполнения заданий по методике «Таблицы Шульте». При этом комплекс рТМС+КТ имел явное преимущество перед изолированным использованием КТ и рТМС по способности улучшать внимание (сокращение среднего времени выполнения заданий по методике «Таблицы Шульте» более, чем на 10%); и перед рТМС по способности улучшать показатели по шкале МОСА.

Таким образом, рТМС положительно влияет на когнитивные функции пациентов, перенесших инсульт. Комплекс, включающий сочетание рТМС и компьютерных когнитивных тренингов имеет явное преимущество перед самостоятельным применением рТМС.

Источник финансирования исследование проведено в рамках реализуемого Государственного задания 2021-2023 гг. «Разработка инновационной технологии и научное социально-экономическое обоснование применения программы комплексной медико-психологической реабилитации пациентов с ишемическим инсультом в санаторно-курортных учреждениях».

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

- 1.GBD 2016 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Neurol.* 2019 May;18(5):439-458. doi: 10.1016/S1474-4422(19)30034-1. Epub 2019 Mar 11. PMID: 30871944; PMCID: PMC6494974.
- 2.GBD 2016 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Neurol.* 2019 May;18(5):439-458. doi: 10.1016/S1474-4422(19)30034-1. Epub 2019 Mar 11. PMID: 30871944; PMCID: PMC6494974.
- 3.Здравоохранение в России. 2019: Стат. сб. /Росстат. - М., 3-46 2019. – 170 с. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Zdravoohran-2019.pdf> (дата обращения: 20.06.2023).
- 4.Захаров В.В., Вахнина Н.В. Инсульт и когнитивные нарушения. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика.* 2011; 3(2): 8–16. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2011-141>.
- 5.Zakharov V.V., Vakhnina N.V. Stroke and cognitive disorders. *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics.* 2011;3(2):8-16. (In Russ.) <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2011-141>
- 5.Korczy AD, Brainin M, Guekht A. Neuroprotection in ischemic stroke: what does the future hold? *Expert Rev Neurother.* 2015;15(3):227–9; <https://doi.org/10.1586/14737175.2015.1014806> 6. Korczyn AD, Brainin M, Guekht A. Neuroprotection in ischemic stroke: what does the future hold? *Expert Rev Neurother.* 2015;15(3):227–9; <https://doi.org/10.1586/14737175.2015.1014806> 6.
- 6.Guse B., Falkai P., Wobrock T. Cognitive effects of high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation: a systematic review. *J Neural Transm (Vienna).* 2010;117(1):105–122. <http://doi.org/10.1007/s00702-009-0333-7>
- 6.Guse B., Falkai P., Wobrock T. Cognitive effects of high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation: a systematic review. *J Neural Transm (Vienna).* 2010;117(1):105–122. <http://doi.org/10.1007/s00702-009-0333-7>
- 7.Lee J. Treatment of Alzheimer's disease with repetitive transcranial magnetic stimulation combined with cognitive training: a prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled study / Lee J. et al. // *Journal of clinical neurology.* 2016;12(1):57-64.

- Lee J. Treatment of Alzheimer's disease with repetitive transcranial magnetic stimulation combined with cognitive training: a prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled study / Lee J. et al. // *Journal of clinical neurology*. 2016;12(1):57-64.
8. Лагода Д.Ю. Эффективность и механизмы действия навигационной ритмической транскраниальной магнитной стимуляции при умеренных когнитивных расстройствах сосудистого генеза. Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук, Москва. 2021.
- Lagoda D.Yu. Efficiency and mechanisms of action of navigational rhythmic transcranial magnetic stimulation in mild cognitive disorders of vascular origin. Dissertation for the degree of Candidate of Medical Sciences, Moscow. 2021.
9. Абдурахманова Р.З., Никонорова М.В. Ближайшие и отдаленные результаты терапии пациентов с артериальной гипертензией с помощью транскраниальной магнитотерапии. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 3: 61-74.
- Abdurakhmanova R.Z., Nikonorova M.V. Short-term and long-term results of treatment of patients with arterial hypertension using transcranial magnetic therapy. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 3: 61-74.
10. Кульчицкая Д.Б., Фесюн А.Д., Гущина Н.В., Кончугова Т.В., Апханова Т.В. Применение импульсного низкочастотного электростатического поля, магнитотерапии, технологии виртуальной реальности, групповой психотерапии, массажа и йодобромных ванн у пациентов с посттравматическим стрессовым расстройством. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023. 3: 46-51
- Kulchitskaya D.B., Fesyun A.D., Gushchina N.V., Konchugova T.V., Apkhanova T.V. Application of pulsed low-frequency electrostatic field, magnetic therapy, virtual reality technology, group psychotherapy, massage and iodide-bromine baths in patients with post-traumatic stress disorder. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023. 3: 46-51.
11. Лебедева Д.И., Туровинина Е.Ф., Десятова И.Е., Ерохин А.Н., Хасанова Л.Т. Оценка эффективности транскраниальной магнитной стимуляции у пациентов после ишемического инсульта: проспективное исследование. *Вестник восстановительной медицины*. 2023; 22(4):31-40. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-4-31-40> [Lebedeva D.I., Turovinina E.F., Desyatova I.E., Erokhin A.N., Khasanova L.T. Effectiveness of Transcranial Magnetic Stimulation in Patients after Ischemic Stroke: a Prospective Study. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2023; 22(4):31-40. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-4-31-40> (In Russ.).]
12. Bandeira ID, Lins-Silva DH, Barouh JL, Faria-Guimarães D, Dorea-Bandeira I, Souza LS, Alves GS, Brunoni AR, Nitsche M, Fregni F, Lucena R. Neuroplasticity and non-invasive brain stimulation in the developing brain. *Prog Brain Res*. 2021; 264:57-89. <http://doi.org/10.1016/bs.pbr.2021.04.003>
- Bandeira ID, Lins-Silva DH, Barouh JL, Faria-Guimarães D, Dorea-Bandeira I, Souza LS, Alves GS, Brunoni AR, Nitsche M, Fregni F, Lucena R. Neuroplasticity and non-invasive brain stimulation in the developing brain. *Prog Brain Res*. 2021; 264:57-89. <http://doi.org/10.1016/bs.pbr.2021.04.003>
13. Hara T, Shanmugalingam A, McIntyre A, Burhan AM. The Effect of Non-Invasive Brain Stimulation (NIBS) on Attention and Memory Function in Stroke Rehabilitation Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Diagnostics (Basel)*. 2021 Feb 3;11(2):227. <http://doi.org/10.3390/diagnostics11020227> ИФ 3.968
- Hara T, Shanmugalingam A, McIntyre A, Burhan AM. The Effect of Non-Invasive Brain Stimulation (NIBS) on Attention and Memory Function in Stroke Rehabilitation Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Diagnostics (Basel)*. 2021 Feb 3;11(2):227. <http://doi.org/10.3390/diagnostics11020227> ИФ 3.968
14. Wang T, Guo Z, Du Y, Xiong M, Yang Z, Ren L, He L, Jiang Y, McClure MA, Mu Q. Effects of Noninvasive Brain Stimulation (NIBS) on Cognitive Impairment in Mild Cognitive Impairment and Alzheimer Disease: A Meta-analysis. *Alzheimer Dis Assoc Disord*. 2021 Jul-Sep 01;35(3):278-288. <http://doi/10.1097/WAD.000000000000464> ИФ2.703
- Wang T, Guo Z, Du Y, Xiong M, Yang Z, Ren L, He L, Jiang Y, McClure MA, Mu Q. Effects of Noninvasive Brain Stimulation (NIBS) on Cognitive Impairment in Mild Cognitive Impairment and Alzheimer Disease: A Meta-analysis. *Alzheimer Dis Assoc Disord*. 2021 Jul-Sep 01;35(3):278-288. <http://doi/10.1097/WAD.000000000000464> ИФ2.703
15. Chu M, Zhang Y, Chen J, Chen W, Hong Z, Zhang Y, Yu H, Zhang F, Ye X, Li J, Yang Y.J *Integr Neurosci*. Efficacy of Intermittent Theta-Burst Stimulation and Transcranial Direct Current Stimulation in Treatment of Post-Stroke Cognitive Impairment. 2022 Jul 21;21(5):130. <http://doi/10.31083/j.jin2105130>. PMID: 36137957
- Chu M, Zhang Y, Chen J, Chen W, Hong Z, Zhang Y, Yu H, Zhang F, Ye X, Li J, Yang Y.J *Integr Neurosci*. Efficacy of Intermittent Theta-Burst Stimulation and Transcranial Direct Current Stimulation in Treatment of Post-Stroke Cognitive Impairment. 2022 Jul 21;21(5):130. <http://doi/10.31083/j.jin2105130>. PMID: 36137957
16. Рубинштейн С. Я. Экспериментальные методики патопсихологии. - М.: ЗАО Изд-во ЭКСМО-Пресс, 1999. - 448 с. М.: ЗАО Изд-во ЭКСМО-Пресс, 1999. - 448 с.
- Rubinshtejn S. YA. Eksperimental'nye metodiki patopsihologii. - M.: ZAO Izd-vo EKSMO-Press, 1999. - 448 s. M.: ZAO Izd-vo EKSMO-Press, 1999. - 448 s. (In Russ.)]

REPETITIVE TRANSCRANIAL MAGNETIC STIMULATION AND COGNITIVE TRAINING IN THE COGNITIVE REHABILITATION OF PATIENTS WHO HAVE SUFFERED AN ISCHEMIC STROKE

Kuzyukova A.A.¹, Zagainova A.Yu.¹, Mokeev I.N.¹, Dobyarkova V.V.¹, Yurova Yu.A.^{1,2}

ABSTRACT

The development of effective cognitive rehabilitation technologies for stroke patients remains relevant. Rhythmic transcranial magnetic stimulation (rTMS), both as monotherapy and in combination with cognitive training (CT), is considered a promising technique capable of improving cognitive function. The aim of the study is to evaluate the efficacy of isolated and complex, in combination with CT, effects of rTMS on cognitive impairment of stroke patients. 121 patients with ischemic stroke in the middle cerebral artery basin were examined randomly divided into 4 groups: 1 Control group (30 patients) - received a basic rehabilitation complex (BC); Group 2 (30

patients) - BC + CT; Group 3 (31 patients) - BC + pTMS; Group 4 (30 patients) - BC + rTMS + CT. In contrast to group 1, in groups 2-4 there was a positive dynamics in terms of indicators assessing cognitive functions. Isolated use of rTMS gives weakly positive results: significantly increases MMSE scores and slightly reduces the average time to complete tasks according to the Schulte Table method; complex of rTMS + CT significantly (by more than 10%) reduces the time for completing tasks according to Schulte tables and improves the indicators according to the Scales of MOSA and MMSE. The study confirms the positive effect of rTMS on cognitive function in stroke patients and shows that the rTMS + CT complex has a clear advantage over the independent use of rTMS.

KEYWORDS: cognitive rehabilitation, rTMS, transcranial magnetic stimulation, computer-assisted cognitive training, cognitive training, stroke, cognitive rehabilitation, rehabilitation

Сведения об авторах

Кузюкова Анна Александровна – к.м.н., заведующий отдела нейрореабилитации и клинической психологии, ведущий научный сотрудник ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, Москва; <https://orcid.org/0000-0003-4266-0050>.

Загайнова Анастасия Юрьевна – к.б.н., старший научный сотрудник отдела нейрореабилитации и клинической психологии, Лечебно-реабилитационный клинический центр «Юдино» – ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, Московская область, <https://orcid.org/0000-0003-3987-3901143081>.

Мокеев Игорь Николаевич – заведующий отделением функциональной и лучевой диагностики – врач функциональной диагностики Лечебно-реабилитационный клинический центр "Юдино" – филиал ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, Московская область, <https://orcid.org/0000-0003-2230-3443>.

Фесюн Анатолий Дмитриевич – д.м.н., и.о. директора, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-3097-8889>.

Юрова Юлия Алексеевна – лаборант отдела нейрореабилитации и клинической психологии ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, студентка 4 курса факультета клинической психологии ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Минздрава России, г. Москва, <https://orcid.org/0009-0008-6765-3379>.

Добрякова Виктория Владимировна – невролог, врач-ординатор, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, <https://orcid.org/0009-0008-8113-3126>.

Юрова Ольга Валентиновна – д.м.н., профессор, заместитель директора по научной работе и образовательной деятельности ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, Москва; <https://orcid.org/0000-0001-7626-5521>

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ПРИМЕНЕНИЕ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ РОБОТИЗИРОВАННОГО ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ КОЛЕННОГО СУСТАВА В РАННЕМ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ (НИЗКОИНТЕНСИВНОЕ ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, МАГНИТНОЕ ПОЛЕ, ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЯ, ИМПУЛЬСНОЕ НИЗКОЧАСТОТНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ, ЛЕЧЕБНАЯ ФИЗКУЛЬТУРА И РОБОТИЗИРОВАННАЯ МЕХАНОТЕРАПИЯ)

Кульчицкая Д.Б.^{1,*}, Фесюн А.Д.¹, Юрова О.В.¹, Кончугова Т.В.¹, Марфина Т.В.¹, Гущина Н.В.¹, Рябков Е.Н.¹, Агасаров Л.Г.¹, Апханова Т.В.¹, Березкина Е.С.¹, Колбахова С.Н.², Севрюгина О.А.³

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

² Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна», ФМБА России, Москва, Россия

³ ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ. Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) является одним из наиболее успешных вмешательств для лечения боли и дисфункции коленного сустава при терминальной стадии остеоартрита. Однако примерно 20% пациентов не удовлетворены результатами тотального эндопротезирования коленного сустава, при этом основной проблемой является послеоперационное восстановление физических функций. Встречается немало работ, доказывающих, что комбинированное, сочетанное или близкое к сочетанному применение природных и преформированных физических факторов позволяет в короткие сроки достичь более выраженной клинической эффективности, что снижает риски повторных операций и частоту инвалидизации пациентов с ТЭКС. На основании вышеизложенного, целью исследования явилось научное обоснование целесообразности комплексного применения низкоинтенсивного лазерного излучения (НЛИ), магнитного поля, электростимуляции, импульсного низкочастотного электрического поля (ИНЭСП), лечебной физкультуры и роботизированной механотерапии у пациентов после роботизированного ТЭКС. Было обследовано 60 пациентов через 7 дней после роботизированного ТЭКС в возрасте от 40 до 80 лет. У пациентов, получавших комплекс, включающий НЛИ, магнитное поле, электростимуляцию, ИНЭСП, лечебную физкультуру и роботизированную механотерапию, выявлено существенное уменьшение болевого синдрома, более выраженное положительное действие на двигательную функцию коленного сустава и в целом, на улучшение жизнедеятельности пациентов, по сравнению с теми, которые получали комплекс, не включающий ИНЭСП.

* Адрес для переписки:

Кульчицкая Детелина Борисова, e-mail: deti_ku@mail.ru

Цитирование: Кульчицкая Д.Б., Фесюн А.Д., Юрова О.В., Кончугова Т.В., Марфина Т.В., Гущина Н.В., Рябков Е.Н., Агасаров Л.Г., Апханова Т.В., Березкина Е.С., Колбахова С.Н., Севрюгина О.А. Применение реабилитационных программ для пациентов после роботизированного тотального эндопротезирования коленного сустава в раннем восстановительном периоде (низкоинтенсивное лазерное излучение, магнитное поле, электростимуляция, импульсное низкочастотное электрическое поле, лечебная физкультура и роботизированная механотерапия). *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 19-24.

Citation: Kulchitskaya D.B., Fesyun A.D., Yurova O.V., Konchugova T.V., Marfina T.V., Gushchina N.V. 1, Ryabkov E.N., Agasarov L.G., Apkhanova T.V., Berezkina E.V., Kolbakhova S.N., Sevriugina O.A. The Use of Rehabilitation Programs for Patients after Robotic Total Knee Replacement in the Early Recovery Period (Low-Intensity Laser Radiation, Magnetic Field, Electrical Stimulation, Pulsed Low-Frequency Electric Field, Physical Therapy and Robotic Mechanotherapy). *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 19-24.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: роботизированное эндопротезирование коленного сустава, импульсное низкочастотное электрическое поле, электростимуляция, лазерная терапия, магнитотерапия, роботизированная механотерапия.

ВВЕДЕНИЕ

Тотальное эндопротезирование коленного сустава является одним из наиболее успешных вмешательств для лечения боли и дисфункции коленного сустава при терминальной стадии остеоартрита. [1]

В связи с текущими демографическими изменениями, сопровождающимися постоянным увеличением средней продолжительности жизни и улучшением медицинского обслуживания, в последние годы увеличилось число пожилых пациентов с эндопротезированием суставов нижних конечностей. [2,3]

Однако примерно 20% пациентов не удовлетворены результатами тотального эндопротезирования коленного сустава, при этом основной проблемой является послеоперационное восстановление физических функций боль в мягких тканях и отек оперированных конечностей играют важную роль в раннем функциональном восстановлении [4,5].

Лекарственные препараты не всегда приводят к желанному эффекту и часто вызывают аллергию. Поэтому в последние годы в медицинской практике все больше стали применять преформированные и природные физические факторы.

Существуют исследования, в которых доказано, что применение нервно-мышечной электростимуляции приводит к снижению потери мышечной массы в раннем послеоперационном периоде реабилитации после ТЭКС [6,7].

Данные, представленные другими исследователями, подтверждают, что криотерапия оказывает противоотечное и обезболяющее действие в послеоперационном лечении пациентов после ТЭКС [8,9,10].

Доказано, что лазерное излучение положительно влияет на степени выраженности болевого синдрома, оказывает противовоспалительное действие, улучшает локомоторную функцию у пациентов после ТЭКС [11].

Встречаются исследования, в которых доказана эффективность лечебной гимнастики, гидротерапии и чрескожной электростимуляции нервов в ранней реабилитации пациентов после ТЭКС [12].

Другие авторские коллективы отмечают обезболяющее, противоотечное и трофическое действия импульсного низкочастотного электрического поля. [13,14].

Встречается немало работ, доказывающих, что комбинированное, сочетанное или близко к сочетанному применение природных преформированных физических факторов позволяет в короткие сроки достичь более выраженной клинической эффективности, что снижает риски повторных операций и частоту инвалидизации пациентов с ТЭКС [15,16].

На основании вышеизложенного, целью исследования явилось научное обоснование целесообразности комплексного применения низкоинтенсивного лазерного излучения (НЛИ), магнитного поля, электростимуляции, импульсного низкочастотного электрического поля (ИНЭСП), лечебной физкультуры и роботизированной механотерапии у пациентов после ТЭКС.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Было обследовано 60 пациентов через 7 дней после ТЭКС в возрасте от 40 до 80 лет, которые были рандомизированно распределены в две группы:

1 группа – (30 человек) которым с седьмого дня после операции проводили низкоинтенсивные лазерные воздействия, электростимуляцию четырехглавых мышц, магнитотерапию и занятия лечебной гимнастикой с инструктором лечебной физкультуры (ЛФК) и роботизированную механотерапию.

2 группа- (30 человек) которым с седьмого дня после операции проводили магнитную терапию, электростимуляцию четырехглавых мышц, низкоинтенсивную лазерную терапию и без временного интервала воздействовали ИНЭСП, а также применяли занятия лечебной гимнастикой с инструктором ЛФК и роботизированной механотерапией.

Процедуры ИНЭСП проводились с помощью ручного аппликатора на область проекции коленного сустава и по наружной и внутренней поверхности бедра в направлении лимфоотока. В течении 10 минут воздействовали частотой 160 Гц-180 Гц, а последующие 5 минут использовали частоту пульсации 80 Гц. На курс 14 ежедневных процедур.

Для проведения лазерной терапии использовали лазерное излучение с длиной волны - 890 нм. Применяли импульсный режим с частотой 80 Гц, импульсной мощностью 40Вт, Воздействовали с помощью матричного излучателя на паховую область и подколенные ямки, по 4 мин. на поле, на курс 17 ежедневных процедур.

Используя аппарат „ИОНОСОН- ЭКСПЕРТ” осуществляли электростимуляцию на область четырехглавых мышц бедра. Применяли синусоидально модулированной формы тока с низкой частотой,

несущая частота 2000Гц, диапазон частот 15-20Гц, посылка- пауза 3:5. Время воздействия составляло 10 минут. Процедуры проводились ежедневно в течение 16 дней.

Для магнитной терапии применяли аппарата „Магнитер“ с магнитной индукции 35мТл на область посеоперационного шва. Время воздействия – 15 минут ежедневно в течение 17 дней.

Методика тренировки на аппарате Артромот: пациент лежит на спине, оперированная нога крепится к аппарату, угол сгибания в коленном суставе не более 90 градусов. Тренировка происходит в пассивном режиме, в течении 15 минут. На курс 15 процедур.

Занятия лечебной гимнастикой с инструктором лечебной физкультуры проводились ежедневно в течение 17 дней.

Оценки интенсивности болевого синдрома, до и после курса лечения, осуществляли по показателям визуальной аналоговой шкалы боли (ВАШ)). Применяли тест 10 - метровой ходьбы и проводили тестирование функции коленного сустава по шкале KSS, Для оценки качества жизни использовали опросник НАQ.

Для статистической обработки полученных результатов использовали компьютерную программу STATISTICA 6.0, достоверность различий определяли с помощью критерия Стьюдента.

Критерии включения:

- мужчины и женщины в возрасте от 40 до 80 лет;
- состояние через 7 дней после роботизированного тотального эндопротезирования коленного сустава;
- болевого синдром выше 4 баллов по ВАШ.

Критерии не включения:

- непереносимость к физическим факторам,
- выраженность болевого синдрома по ВАШ менее 4 баллов,
- выраженная недостаточность сердечно-сосудистой, дыхательной системы,
- тромбоз вен нижних конечностей.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследование были включены пациенты в возрасте от 40 до 80 лет, которые поступали на медицинскую реабилитацию через 7 дней после роботизированного ТЭКС.

До курса реабилитации у большинства пациентов сумма баллов по двум частям шкалы KSS была в среднем 56,0±3,6, а интенсивность болевого синдрома по ВАШ составила 6,85±0,85 балла.

Выявлено снижение уровня мобильности у большинства пациентов, о чем свидетельствуют результаты теста 10-метровой ходьбы.

Данные полученные при подсчете индекса нарушения жизнедеятельности (Index —НАQ –DI) используя опросник НАQ, показали, что у 99,1% испытуемых, были выявлены умеренные нарушения, а у 0,9% - минимальные нарушения жизнедеятельности.

После завершения реабилитационного курса установлено снижение отека мягких тканей в области коленного сустава. Анализирую данные, полученные с применением опросника KSS установлено увеличение среднего количества баллов по двум составляющим данной шкалы. При этом более значимые результаты были зафиксированы у пациентов второй группы. Результаты, полученные при использовании ВАШ свидетельствовали о достоверном снижении интенсивности болевого синдрома. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Динамика болевого синдрома по ВАШ и функции коленного сустава по KSS у пациентов после ТЭКС до и после курса лечения

| Баллы/Место оценки | До реабилитации | | После реабилитации | |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Первая группа (n-30) | Вторая группа (n-30) | Первая группа (n-30) | Вторая группа (n-30) |
| шкала KSS | 56,1±3,9 | 55,9±3,3 | 78,0±4,9** | 80,9±4,4***# |
| опросник ВАШ | 6,9±0,9 | 6,8±0,8 | 3,8±0,4** | 2,1±0,5 ***# |

*Примечание: p < 0,01**, p < 0,001*** - достоверность различий по сравнению с исходными показателями (парный t-критерий Стьюдента); #p < 0,05 – анализ межгрупповых различий произведен по t-критерию Стьюдента для независимых выборок, p < 0,05.*

При использовании теста 10-метровой ходьбы было установлено, что пациенты первой группы после курсовой реабилитации проходили дистанцию за 15,1±0,9 секунд, пациенты второй группы за 14,3±0,8 секунд,

По результатам опросника НАQ, у большинства испытуемых после реабилитационного курса, было установлено улучшение их жизнедеятельности (таблица 2).

Таблица 2. Результаты до и после реабилитации по опроснику HAQ

| Опросник HAQ | До реабилитации | | После реабилитации | |
|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Первая группа (n-30) | Вторая группа (n-30) | Первая группа (n-30) | Вторая группа (n-30) |
| Index -HAQ –DI | 1,81±0,5 | 1,80±0,4 | 0,4±0,02 ** | 0,2±0,01***# |

Примечание: $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$ - достоверность различий по сравнению с исходными показателями (парный t-критерий Стьюдента); # $p < 0,05$ – анализ межгрупповых различий произведен по t-критерию Стьюдента для независимых выборок, $p < 0,05$.

Таким образом, у пациентов, получавших комплекс, включающий НЛИ, магнитное поле, электростимуляцию, ИНЭСП, лечебную физкультуру и роботизированную механотерапию, выявлено существенное уменьшение болевого синдрома, более выраженное положительное действие на двигательную функцию коленного сустава и в целом, на улучшение жизнедеятельности пациентов, по сравнению с теми, которые получали комплекс, не включающий ИНЭСП.

Полученные нами результаты коррелируют с данными клинических исследований по использованию импульсного низкочастотного электростатического поля при ряде заболеваний. Были доказаны обезболивающий, антиспастический, противоотечный и трофико-регенераторный эффекты этого физического фактора [13,14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние годы в физиотерапевтической практике с целью влияния на различные патогенетические звенья организма чаще используется комбинированное применение физических факторов. При этом достижение значимого лечебного эффекта возможно лишь при рациональном подборе природных и преформированных физических факторов. Можно выдвинуть гипотезу, что выявленное в настоящем исследовании улучшение клинической симптоматики у пациентов после роботизированного ТЭКС базируется именно синергическом эффекте оптимально подобранных физических факторов и роботизированной механотерапии.

Лазерная и магнитная терапия, оказывая положительное влияние на состояние микроциркуляторного русла, приводила к устранению отечности оперированной конечности и создавала предпосылки для более существенного положительного действия электростимуляции. А включение в комплекс ИНЭСП, привело к более выраженному снижению болевого синдрома, улучшению функции коленного сустава и качества жизни пациентов по сравнению с применяемыми сегодня стандартными методами.

На основании данных настоящего исследования, можно рекомендовать использовать предложенную нами реабилитационную программу в работе профильной медицинской профессиональной некоммерческой организации по реабилитации пациентов после роботизированного ТЭКС.

Источники финансирования. Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Konnyu K.J., Thoma L.M., Cao W., Aaron R.K., Panagiotou O.A., Bhuma M.R., Adam G.P., Balk E.M., Pinto D. Rehabilitation for Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review. *Am J Phys Med Rehabil.* 2023;102(1):19-33. doi: 10.1097/PHM.0000000000002008.
2. Bork H. [Rehabilitation after hip and knee endoprosthetic treatment in the elderly]. *Orthopade.* 2017;46(1):69-77. doi: 10.1007/s00132-016-3368-0.
3. Chen X., Li X., Zhu Z., Wang H., Yu Z., Bai X. Effects of progressive resistance training for early postoperative fast-track total hip or knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis. *Asian J Surg.* 2021;44(10):1245-1253. doi: 10.1016/j.asjsur.
4. Simpson A.H., Hamilton D.F., Beard D.J., Barker K.L., Wilton T., Hutchison J.D., Tuck C., Stoddard A., Macfarlane G.J., Murray G.D. Targeted rehabilitation to improve outcome after total knee replacement (TRIO): study protocol for a randomised controlled trial. *Trials.* 2014;15:44. doi: 10.1186/1745-6215-15-4.
5. Huang C.H., Yeh M.L., Chen F.P., Kuo M.A. Randomised controlled trial of laser acupuncture improves early outcomes of osteoarthritis patients' physical functional ability after total knee replacement. *Complement Ther Clin Pract.* 2021;43:101340. doi: 10.1016/j.ctcp.2021.101340.

6. Klika A.K., Yakubek G., Piuze N., Calabrese G., Barsoum W.K., Higuera C.A. Neuromuscular Electrical Stimulation Use after Total Knee Arthroplasty Improves Early Return to Function: A Randomized Trial. *J Knee Surg.* 2022;35(1):104-111. doi: 10.1055/s-0040-1713420.
7. Cheuy V.A., Dayton M.R., Hogan C.A., Graber J., Anair B.M., Voigt T.B., Nelms N.J., Stevens-Lapsley J.E., Toth M.J. Neuromuscular electrical stimulation preserves muscle strength early after total knee arthroplasty: Effects on muscle fiber size. *J Orthop Res.* 2023;41(4):787-792. doi: 10.1002/jor.25418.
8. Thacoar A., Sandiford N.A. Cryotherapy following total knee arthroplasty: What is the evidence? *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2019;27(1):2309499019832752. doi:10.1177/2309499019832752.
9. Wyatt P.B., Nelson C.T., Cyrus J.W., Goldman A.H., Patel N.K. The Role of Cryotherapy After Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review. *J Arthroplasty.* 2023;38(5):950-956. doi: 10.1016/j.arth.2022.12.004.
10. Кульчицкая Д.Б., Фесюн А.Д., Самойлов А.С., Колбахова С.Н. Применение физических факторов в программах реабилитации пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава. *Вестник восстановительной медицины.* 2022; 21-2(1): 46-52.
- Kulchitskaya D.B., Fesyun A.D., Samoilov A.S., Kolbasova S.N. The use of physical factors in rehabilitation programs for patients after total knee replacement. *Bulletin of Rehabilitation Medicine.* 2022; 21-2(1): 46-52. (In Russ).
11. Langella L.G., Casalechi H.L., Tomazoni S.S. et al. Photobiomodulation therapy (PBMT) on acute pain and inflammation in patients who underwent total hip arthroplasty—a randomized, triple-blind, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2018;33(9):1933-1940. doi: 10.1007/s10103-018-2558-x.
12. Mistry J.B., Elmallah R.D., Bhawe A. et al. Rehabilitative Guidelines after Total Knee Arthroplasty: A Review. *J Knee Surg.* 2016;29(3):201-17. doi: 10.1055/s-0036-1579670.
13. Старосветская О.А., Кульчицкая Д.Б., Нагорнев С.Н., Пузырева Г.А. Влияние курсового применения импульсного электростатического поля на показатели микроциркуляции у больных нейроциркуляторной дистонией по гипертоническому типу. *Вестник восстановительной медицины.* 2013; 1 (53): 10-13.
- Starosvetskaya O.A., Kulchitskaya D.B., Nagornev S.N., Puzyreva G.A. Influence of course application of pulsed electrostatic field on microcirculation parameters in patients with neurocirculatory dystonia of the hypertensive type. *Bulletin of Rehabilitation Medicine.* 2013; 1 (53): 10-13. (In Russ).
14. Ли А.А., Корчажкина Н.Б., Казанцев А.Б., Ли Э.А. Влияние импульсного низкочастотного электростатического поля на активность воспалительного процесса у больных, оперированных по поводу вальгусной деформации I пальца стопы. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.* 2009; 5: 60-66.
- Li A. A., Korchazhkina N. B., Kazantsev A. B., Li E. A. The influence of pulse low-frequency electrostatic field on the activity of the inflammatory process in patients operated for valgus deformity of the first toe. *Physiotherapy, balneology and rehabilitation.* 2009; 5: 60-66. (In Russ).
15. Кульчицкая Д.Б., Фесюн А.Д., Кончугова Т.В., Рябков Е.Н., Колбахова С.Н. Применение электростимуляции, воздушной локальной криотерапии, массажа и роботизированной механотерапии с биологической обратной связью у пациентов после эндопротезирования коленного сустава в поздний послеоперационный период. *Russian journal of environmental and rehabilitation medicine.* 2023; 1:11-15. Kulchitskaya D.B., Fesyun A.D., Konchugova T.V., Ryabkov E.N., Kolbakhova S.N. The use of electrical stimulation, local air cryotherapy, massage and robotic mechanotherapy with biofeedback in patients after knee replacement in the late postoperative period. *Russian journal of environmental and rehabilitation medicine.* 2023; 1:11-15. (In Russ).
16. Яковлев М.Ю., Туманова-Пономарева Н.Ф., Фесюн А.Д. Научные основы медицинской реабилитации и санаторно-курортного лечения. *Russian journal of environmental and rehabilitation medicine.* 2023; 1:23-27.
- Yakovlev M.Yu., Tumanova-Ponomareva N.F., Fesyun A.D. Scientific foundations of medical rehabilitation and sanatorium treatment. *Russian journal of environmental and rehabilitation medicine.* 2021; 4:52-58. (In Russ).

THE USE OF REHABILITATION PROGRAMS FOR PATIENTS AFTER ROBOTIC TOTAL KNEE REPLACEMENT IN THE EARLY RECOVERY PERIOD (LOW-INTENSITY LASER RADIATION, MAGNETIC FIELD, ELECTRICAL STIMULATION, PULSED LOW-FREQUENCY ELECTRIC FIELD, PHYSICAL THERAPY AND ROBOTIC MECHANOTHERAPY)

Kulchitskaya D.B.¹, Fesyun A.D.¹, Yurova O.V.¹, Konchugova T.V.¹, Marfina T.V.¹, Gushchina N.V.¹, Ryabkov E.N.¹, Agasarov L.G.¹, Apkhanova T.V.¹, Berezkina E.V.¹, Kolbakhova S.N.², Sevriugina O.A.³

¹ National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

² A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

³ M.F. Vladimirsky Moscow Regional Research Clinical Institute, Moscow Region, Russia

ABSTRACT. Total knee replacement (TEC) is one of the most successful interventions for the treatment of pain and dysfunction of the knee joint in the terminal stage of osteoarthritis. However, approximately 20% of patients are not satisfied with the results of total knee replacement, while the main problem is the postoperative restoration of physical functions. There are many works proving that the combined, combined or close to combined use of natural and preformed physical factors makes it possible to achieve more pronounced clinical efficacy in a short time, which reduces the risks of repeated operations and the frequency of disability of patients with TEC. Based on the above, the aim of the study was to scientifically substantiate the feasibility of the integrated use of low-

intensity laser radiation (LLI), magnetic field, electrical stimulation, pulsed low-frequency electric field (INESP), physical therapy and robotic mechanotherapy in patients after robotic TEC. 60 patients aged 40 to 80 years were examined 7 days after the robotic TEC. All patients were randomly assigned by random number method to 2 groups. It was found that in patients receiving a complex including NLI, magnetic field, electrical stimulation, INESP, physical therapy and robotic mechanotherapy, it has a more pronounced positive effect on the motor function of the knee joint, on the vital activity of patients, it can significantly increase muscle strength, reduce pain syndrome, compared with patients who received the complex, not including INESP.

KEYWORDS: robotic knee replacement, pulsed low-frequency electric field, electrical stimulation, laser therapy, magnetic therapy, robotic mechanotherapy

Сведения об авторах

Кульчицкая Детелина Борисовна, д.м.н., профессор, главный научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7785-9767>

Фесюн Анатолий Дмитриевич, д.м.н., и.о. директора, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

Кончугова Татьяна Венедиктовна, д.м.н., профессор, главный научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, заведующая кафедрой восстановительной медицины, физической терапии и медицинской реабилитации, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0991-8988>

Юрова Ольга Валентиновна, д.м.н., профессор, заместитель директора по образовательной и научной деятельности, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7626-5521>

Марфина Татьяна Владимировна, научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2553-1946>

Гуцина Надежда Витальевна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, отдел физиотерапии и рефлексотерапии, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7069-4472>

Рябков Евгений Николаевич, заведующий отделением реабилитации пациентов с заболеваниями опорнодвигательного аппарата и периферической нервной системы, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0001-5246-9917>

Агасаров Лев Георгиевич, д.м.н., профессор, главный научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5218-1163>

Апханова Татьяна Валерьевна, д.м.н., главный научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3852-2050>

Березкина Елена Сергеевна, к.б.н., старший научный сотрудник отдела биомедицинских технологий, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7416-3381>

Колбахова Светлана Николаевна, к.м.н., заведующая кафедрой восстановительной медицины, физиотерапии Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0191-5272>

Северюгина Ольга Анатольевна, младший научный сотрудник отдела лучевой диагностики, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1308-1239>

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДА РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ КОЛЕННОГО СУСТАВА ПО ПОВОДУ ГОНАРТРОЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТОВ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ И ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТЬЮ

Марченкова Л.А. *, Рябков Е.Н., Васильева В.А., Стяжкина Е.М., Фесюн А.Д., Юрова О.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ. В статье приводятся результаты оценки эффективности комплексного метода реабилитации пациентов с гонартрозом после операции тотального эндопротезирования коленного сустава, включающего тренировки на тренажёрах с технологией биологической обратной связи и в системе виртуальной реальности, для раннего восстановления биомеханики оперированного сустава и улучшения качества жизни. В исследовании включены 80 пациентов, которые были рандомизированы на 2 группы. Пациенты основной группы (n=40) получали новый комплекс реабилитации: 1) Занятия на аппаратном комплексе с биологической обратной связью, 14 процедур; 2) Тренировки в системе виртуальной реальности, 14 процедур; 3) Осцилляционный (электростатический) массаж, 10 процедур; 4) Лечебные минеральные ванны, 10 процедур; 5) Лазеротерапия на связочный аппарат оперированного сустава, 10 процедур. Пациентам контрольной группы (n=40) была назначена стандартная программа реабилитации, применяемая по программе ОМС. Клиническое обследование пациентов обеих групп проводилось исходно и после завершения реабилитации. Результаты исследования показали, что оба метода реабилитации, как с использованием тренажёров с технологиями биологической обратной связи и виртуальной реальности, так и стандартная программа реабилитации, были эффективны в улучшении функциональности пациентов с гонартрозом после операции тотального эндопротезирования коленного сустава, однако после завершения реабилитации у пациентов, получавших новый комплекс реабилитации с использованием тренажёров с биологической обратной связью и виртуальной реальностью, отмечены достоверно значимо лучшие ($p < 0,05$) результаты теста на подъем по лестнице, теста «Встань и иди» и теста 6-минутный тест ходьбы, а также более высокие ($p < 0,05$) показатели физических аспектов качества жизни по шкале SF-12.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: медицинская реабилитация, эндопротезирование коленного сустава, гонартроз, остеоартрит, качество жизни, функциональные показатели, биологическая обратная связь, виртуальная реальность.

ВВЕДЕНИЕ

Остеоартрит относится к широко распространенным дегенеративным заболеваниям суставов, способным привести к выраженному болевому синдрому, иммобилизации и инвалидности пациентов старшей возрастной группы. Тотальное эндопротезирование коленного сустава является основным методом терминальной стадии гонартроза, благодаря чему можно значительно уменьшить выраженность болевого синдрома в коленном суставе, улучшить его функцию и качество жизни пациента в целом [1, 2].

* Адрес для переписки:

Марченкова Лариса Александровна, MarchenkovaLA@nmicrk.ru

Цитирование. Марченкова Л.А., Рябков Е.Н., Васильева В.А., Стяжкина Е.М., Фесюн А.Д., Юрова О.В. Эффективность комплексного метода реабилитации пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава по поводу гонартроза с использованием аппаратов с биологической обратной связью и виртуальной реальностью. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 25-31.

Citation: Marchenkova L.A. *, Ryabkov E.N., Vasilyeva V.A., Styazhkina E.M., Fesyun A.D., Yurova O.V. Effectiveness of a complex method for rehabilitation of patients with gonarthrosis after total knee plastic using biological feedback and virtual reality. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023. 4: 25-31.

Хотя тотальное эндопротезирование коленного сустава способствует значительному снижению болевого синдрома и расширению двигательных возможностей, в послеоперационном периоде по сравнению с дооперационным уровнем у пациентов наблюдается значительное снижение силы четырехглавой мышцы бедра (на 41%), скорости ходьбы (на 28%) и скорости подъема по лестнице (на 10,5%) [2, 3]. Эти данные свидетельствуют о том, что стандартные программы реабилитации недостаточно эффективно устраняют послеоперационные функциональные нарушения и способствуют сохранению длительного дефицита функциональной мобильности пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава.

Хотя некоторые исследования показывают, что реабилитация после эндопротезирования коленного сустава не всегда эффективна, [4] новые данные свидетельствуют о том, что более интенсивная реабилитация с использованием прогрессивных упражнений с отягощениями, занятий на тренажерах с биологической обратной связью и в системе виртуальной реальности может существенно улучшить функцию пациента без увеличения числа побочных эффектов [5-7].

Наибольшая потеря силы и функциональных показателей происходит в первый месяц после проведения операции эндопротезирования коленного сустава, и, следовательно, раннее начало процедур медицинской реабилитации может помочь снизить степень этих нарушений [2]. В рандомизированном контролируемом исследовании Jakobsen T.L. и др. (2014) преимуществ интенсивных методов реабилитации в первый месяц после оперативного вмешательства на коленном суставе получено не было [8]. Однако в отечественных исследованиях была продемонстрирована эффективность современных комплексов реабилитации с использованием аппаратов с биологической обратной связью у пациентов после травмы или оперативного вмешательства на коленном суставе [9-12].

Таким образом, целью данного исследования была оценка эффективности комплексного метода реабилитации пациентов с гонартрозом после операции тотального эндопротезирования коленного сустава, включающего тренировки на тренажерах с технологией биологической обратной связи и в системе виртуальной реальности, для раннего восстановления биомеханики оперированного сустава и улучшения качества жизни.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 80 пациентов (мужчин и женщин) в возрасте от 45 до 75 лет включительно в период от 3-х до 12 недель после проведения операции тотального эндопротезирования коленного сустава по поводу гонартроза тяжелой стадии. Критерии не включения в исследование: 1) курение в настоящее время, 2) текущее лечение по поводу онкологического заболевания, 3) Сахарный диабет с показателями гликемического контроля выше установленных целевых значений, 4) индекс массы тела (ИМТ) более 40 кг/м², 5) неврологические или сердечно-сосудистые заболевания, значимо ограничивающие функциональные возможности, 6) тяжелый остеоартрит контралатерального колена или другие ортопедические состояния, которые ограничивают функцию и требуют медикаментозного лечения или хирургического вмешательства. От всех участников исследования было получено информированное согласие.

Методом рандомизации пациенты были разделены на 2 группы: основную и контрольную.

Пациенты основной группы (n=40) получали новый комплекс реабилитации с включением аппаратов с функцией биологической обратной связи и виртуальной реальности: 1) Занятия на аппаратном комплексе «Стабилан 01» продолжительность 30 минут, 14 процедур; 2) Тренировки на интерактивной системе с функцией виртуальной реальности Nirvana продолжительностью по 20 минут, 14 процедур; 3) Осцилляционный (электростатический) массаж на аппарате «Элгос» продолжительностью по 15 минут, 10 процедур; 4) Лечебные минеральные ванны, продолжительность 15 минут, через день, при температуре воды 36-38°C, 10 процедур, 5) Лазеротерапия на связочный аппарат оперированного сустава, доза излучения- 20 Дж/см², коэффициент заполнения – 100%, частота непрерывная, по 1 минуте на поле (всего 4 поля), Методика стабильная, ежедневно, на курс 10 процедур.

Пациентам контрольной группы (n=40) была назначена стандартная программа реабилитации, применяемая обычно в реабилитационных медицинских учреждениях по программе ОМС: 1) Лечебная гимнастика групповая в зале, продолжительностью 30 мин, 14 процедур; 2) Занятия в тренажерном зале на простых реабилитационных тренажерах, продолжительность 30 минут, 14 процедур; 3) Вихревые ванны ног продолжительность 15 минут, через день, при температуре воды 36-38°C, 10 процедур, 4) Магнитотерапия

на область коленных суставов, тип МП-бегущее справа налево, магнитная индукция-20мТл, частота импульсов 100Гц, продолжительность 20 минут, №10, ежедневно; 5) Ручной массаж нижней конечности, продолжительность 15 минут, №10.

Методы исследования включали в себя:

- 1) Общеклинический осмотр и бор анамнеза;
- 2) Тест на подъем по лестнице. Засекали время, необходимое для подъема и спуска пациента по лестнице из 12 ступеней (высота ступеньки 17,1 см). Данный тест был выбран в качестве критерия оценки, поскольку нарушение способности подниматься по лестнице является самым большим функциональным нарушением после операции эндопротезирования коленного сустава;
- 3) Оценку диапазона движений (сгибания и разгибания) оперированного коленного сустава в градусах;
- 4) Тест «Встань и иди»;
- 5) Тест 6-минутной ходьбы;
- 6) Оценка качества жизни по 12 пунктам краткого опросника состоянии здоровья SF-12, где отдельно проводилась оценка в баллах по шкалам физического и психического компонентов здоровья;
- 7) Оценка функциональности оперированного коленного сустава по шкале остеоартрита WOMAC (Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index), которая используется для оценки боли, скованности, функции и состояния здоровья у пациентов с остеоартритом тазобедренного или коленного сустава, а также для оценки результатов вмешательств как консервативных, так и хирургических при остеоартрите.

Оценку всех исследуемых показателей проводили исходно и в динамике после завершения реабилитации.

Статистическая обработка результатов проводилась в программе Microsoft Statistica 11.0. Учитывая, что при проверке с помощью теста Колмогорова-Смирнова распределение показателей существенно не отклонялось от нормального распределения, переменные выражали как среднее и стандартное отклонение ($M \pm \sigma$), а достоверность различий показателей между группами и в динамике оценивали с помощью Т-теста Стьюдента. Категориальные переменные выражали в процентах и абсолютных значениях и сравнивали методом χ -квадрат Пирсона. Значение критерия достоверности $p < 0,05$ принимали за статистически достоверное различие (доверительный интервал 0,95).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В основную группу вошли 40 пациентов (18 мужчин и 22 женщины), средний возраст составил $63,7 \pm 8,4$ лет. Группу контроля составили 19 мужчин и 21 женщина, средний возраст пациентов в группе составил $62,5 \pm 7,9$ лет. Исходно не было выявлено значимых различий между группами пациентов по гендерному соотношению, возрасту, показателям ИМТ и степени выраженности функциональных нарушений, $p > 0,05$ (табл. 1).

Таблица 1. Исходные возрастные, клинические и функциональные показатели пациентов после эндопротезирования коленного сустава в исследуемых группах

| Показатели | Основная группа, n=40 | Контрольная группа, n=40 |
|--|-----------------------|--------------------------|
| Мужчины / женщины, n | 18/22 | 19/21 |
| Возраст, лет | $63,7 \pm 8,4$ | $62,5 \pm 7,9$ |
| ИМТ, кг/м ² | 31 ± 5 | 30 ± 5 |
| Тест на подъем по лестнице, сек | $17,20 \pm 8,64$ | $16,41 \pm 7,99$ |
| Тест «Встань и иди», сек | $9,00 \pm 2,91$ | $8,87 \pm 2,46$ |
| 6-минутный тест ходьбы, м | 455 ± 106 | 466 ± 99 |
| Шкала остеоартрита WOMAC, баллы | 34 ± 13 | 33 ± 15 |
| Шкала физических компонентов SF-12, баллы | 36 ± 9 | 37 ± 9 |
| Шкала психических компонентов SF-12, баллы | 54 ± 9 | 54 ± 10 |

| | | |
|--|----------|----------|
| Диапазон разгибания коленного сустава, градусы | 1 ± 4 | 0 ± 4 |
| Диапазон сгибания коленного сустава, градусы | 126 ± 10 | 126 ± 11 |

Результаты оценки функциональных показателей в динамике, после завершения реабилитации пациентов с гонартрозом после операции тотального эндопротезирования коленного сустава, показали, что обе программы реабилитации, как в основной, так и в контрольной группе, были эффективны у данной категории пациентов. Так, в обеих группах была отмечена достоверно значимая положительная ($p < 0,05$) динамика всех исследуемых показателей: трех функциональных тестов на оценку функции передвижения, шкалы остеоартрита WOMAC, шкал физических и психических компонентов анкеты качества жизни SF-12 и диапазона разгибания и сгибания оперированного коленного сустава.

Однако у пациентов основной группы отмечена более значимая динамика, по сравнению с контролем, четырех исследуемых функциональных показателей, что свидетельствует о большей эффективности новой программы реабилитации с использованием тренажеров с технологиями биологической обратной связи и виртуальной реальности. Как видно из табл. 2, в основной группе, по сравнению с контрольной после реабилитации более существенно снизилось время выполнения теста на подъем по лестнице ($-4,03 \pm 0,40$ сек и $-3,28 \pm 0,36$ сек, соответственно, 95% доверительный интервал (ДИ) $-0,61 (-1,16, -0,35)$, $p=0,04$), теста «Встань и иди» ($-1,42 \pm 0,13$ сек и $-1,01 \pm 0,14$ сек, соответственно, 95% ДИ $-0,34 (-0,71, -0,04)$, $p=0,04$), а также более значительно увеличилось пройденное расстояние за 6 минут (на $39,64 \pm 6,23$ м и на $23,39 \pm 7,48$ м, соответственно, 95% ДИ $15,45 (4,51, 35,40)$, $p=0,03$). Также у пациентов основной группы после реабилитации отмечен больший прирост физического аспекта качества жизни, по сравнению с пациентами контрольной группы (на $12,36 \pm 1,21$ баллов и $6,80 \pm 0,99$ баллов, соответственно, 95% ДИ $-3,02 (0,39, 5,65)$, $p=0,02$) (табл. 2).

Таблица 2. Изменение (Δ) исследуемых клинических и функциональных показателей по сравнению с исходным уровнем у пациентов обеих групп после завершения реабилитации

| Показатели | Основная группа, n=40 | Контрольная группа, n=40 | 95% ДИ | P между группами |
|--|-----------------------|--------------------------|------------------------|------------------|
| Δ теста на подъем по лестнице, сек | $-4,03 \pm 0,40$ | $-3,28 \pm 0,36$ | $-0,61 (-1,16, -0,35)$ | 0,04 |
| Δ теста «Встань и иди», сек | $-1,42 \pm 0,13$ | $-1,01 \pm 0,14$ | $-0,34 (-0,71, -0,04)$ | 0,04 |
| Δ теста 6-минутной ходьбы, м | $39,64 \pm 6,23$ | $23,39 \pm 7,48$ | $15,45 (4,51, 35,40)$ | 0,03 |
| Шкала остеоартрита WOMAC, Δ , баллы | $-19,60 \pm 1,02$ | $-19,48 \pm 1,05$ | $-0,12 (-2,94, 2,70)$ | 0,93 |
| Шкала физических компонентов SF-12, Δ , баллы | $12,36 \pm 1,21$ | $6,80 \pm 0,99$ | $3,02 (0,39, 5,65)$ | 0,02 |
| Шкала психических компонентов SF-12, Δ , баллы | $2,56 \pm 0,76$ | $3,57 \pm 0,80$ | $-1,00 (-3,14, 1,14)$ | 0,36 |
| Δ диапазона разгибания коленного сустава, градусы | $-0,61 \pm 0,30$ | $-0,35 \pm 0,31$ | $-0,26 (-1,09, 0,56)$ | 0,53 |
| Δ диапазона сгибания коленного сустава, градусы | $-1,93 \pm 0,93$ | $-2,10 \pm 0,96$ | $0,17 (-2,40, 2,73)$ | 0,90 |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования показали, что оба метода реабилитации, как с использованием тренажеров с технологиями биологической обратной связи и виртуальной реальности, так и стандартная программа реабилитации, были эффективны в улучшении функциональности пациентов с гонартрозом после операции тотального эндопротезирования коленного сустава, однако после завершения реабилитации у пациентов, получавших новый комплекс реабилитации с использованием тренажеров с биологической обратной связью и виртуальной реальностью, отмечены достоверно значимо лучшие ($p < 0,05$) результаты теста на подъем по лестнице, теста «Встань и иди» и теста 6-минутный тест ходьбы, а также более высокие ($p < 0,05$) показатели физических аспектов качества жизни по шкале SF-12.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Kurtz S. Projections of Primary and Revision Hip and Knee Arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Jt Surg Am.* 2007; 89: 780. <https://doi.org/10.2106/JBJS.F.00222>
2. Bade M.J., Kohrt W.M., Stevens-Lapsley J.E. Outcomes Before and After Total Knee Arthroplasty Compared to Healthy Adults. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010; 40: 559–567. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3317>.
3. Walsh M., Woodhouse L.J., Thomas S.G., Finch E. Physical Impairments and Functional Limitations: A Comparison of Individuals 1 Year After Total Knee Arthroplasty With Control Subjects. *Phys Ther.* 1998; 78: 248–258. <https://doi.org/10.1093/ptj/78.3.248>.
4. Artz N., Elvers K.T., Lowe C.M., Sackley C., Jepson P., Beswick A.D. Effectiveness of physiotherapy exercise following total knee replacement: systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015; 16: 15. <https://doi.org/10.1186/s12891-015-0469-6>.
5. Petterson SC, Mizner RL, Stevens JE, Raisis L, Bodenstab A, Newcomb W, et al. Improved function from progressive strengthening interventions after total knee arthroplasty: A randomized clinical trial with an imbedded prospective cohort. *Arthritis Rheum.* 2009; 61: 174–183. <https://doi.org/10.1002/art.24167>.
6. Bade M.J., Stevens-Lapsley J.E. Early high-intensity rehabilitation following total knee arthroplasty improves outcomes. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011; 41: 932–941. <https://doi.org/10.2519/jospt.2011.3734>.
7. Jakobsen T.L., Husted H., Kehlet H., Bandholm T. Progressive strength training (10 RM) commenced immediately after fast-track total knee arthroplasty: is it feasible? *Disabil Rehabil.* 2012; 34: 1034–1040. <https://doi.org/10.3109/09638288.2011.629019>
8. Jakobsen T.L., Kehlet H., Husted H., Petersen J., Bandholm T. Early progressive strength training to enhance recovery after fast-track total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Arthritis Care Res.* 2014; 66: 1856–1866. <https://doi.org/10.3109/09638288.2011.629019>.
9. Кульчицкая Д.Б., Фесюн А.Д., Кончугова Т.В., Рябков Е.Н., Колбахова С.Н. Применение электростимуляции, воздушной локальной криотерапии, массажа и роботизированной механотерапии с биологической обратной связью у пациентов после эндопротезирования коленного сустава в поздний послеоперационный период. *Russian journal of environmental and rehabilitation medicine.* 2023; 1: 11-15.
10. Кольшеников В.А., Фесюн А.Д., Яковлев М.Ю. Оценка эффективности метода медицинской реабилитации с использованием роботизированной механотерапии с системой у пациентов с повреждением передней крестообразной связки коленного сустава. *Russian journal of environmental and rehabilitation medicine.* 2023; 1: 37-40.
11. Кульчицкая Д.Б., Фесюн А.Д., Самойлов А.С., Колбахова С.Н. Применение физических факторов в программах реабилитации пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава. *Вестник восстановительной медицины.* 2022; 21 (2): 46-52. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-21-2-46-52>
12. Bade M.J., Struessel T., Dayton M., Foran J., Kim R.H., Miner T., Wolfe P., Kohrt W.M., Dennis D., Stevens-Lapsley J.E. Early High-Intensity Versus Low-Intensity Rehabilitation After Total Knee Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2017; 69(9): 1360-1368. <https://doi.org/10.1002/acr.23139>.
- 13.

EFFECTIVENESS OF A COMPLEX METHOD FOR REHABILITATION OF PATIENTS WITH GONARTHROSIS AFTER TOTAL KNEE PLASTIC USING BIOLOGICAL FEEDBACK AND VIRTUAL REALITY

Marchenkova L.A.*, Ryabkov E.N., Vasilyeva V.A., Styazhkina E.M., Fesyun A.D., Yurova O.V.

National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

ABSTRACT. The article presents the results of evaluating the effectiveness of a complex method of rehabilitation of patients with gonarthrosis after total knee replacement surgery, including training on simulators with biofeedback technology and in a virtual reality system, for early restoration of the biomechanics of the operated joint and improving the quality of life. The study included 80 patients who were randomized into 2 groups. Patients of the main group (n=40) received a new rehabilitation complex: 1) Training on hardware complex with biofeedback, 14 procedures; 2) Training on interactive virtual reality system, 14 procedures; 3) Oscillatory (electrostatic) massage, 10 procedures; 4) Therapeutic mineral baths, 10 procedures, 5) Laser therapy on the ligamentous apparatus of the operated joint, 10 procedures. Patients in the control group (n=40) were assigned to a standard rehabilitation program used under the compulsory medical insurance program. Clinical examination of patients in both groups was carried out initially and after completion of rehabilitation. The results of the study showed that both methods of rehabilitation, both using simulators with biofeedback and virtual reality technologies, and the standard rehabilitation program, were effective in improving the functionality of patients with gonarthrosis after total knee arthroplasty, however, after completion of rehabilitation in patients, who received a new rehabilitation complex using simulators with biofeedback and virtual reality, significantly better ($p<0.05$) results were noted in the stair climbing test, the "Get up and walk" test and the 6-minute walking test, as well as more high ($p<0.05$) indicators of physical aspects of quality of life on the SF-12 scale.

KEYWORDS: medical rehabilitation, knee replacement, gonarthrosis, osteoarthritis, quality of life, functional indicators, biofeedback, virtual reality

Сведения об авторах

Марченкова Лариса Александровна, д.м.н., главный научный сотрудник, заведующий отделом соматической реабилитации, репродуктивного здоровья и активного долголетия, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-1886-124X>.

Рябков Евгений Николаевич, заведующий отделением медицинской реабилитации взрослых с нарушением функции периферической нервной системы и костно-мышечной системы, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва.

Васильева Валерия Александровна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела соматической реабилитации, репродуктивного здоровья и активного долголетия, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0002-6526-4512>.

Стяжкина Елена Михайловна, кандидат медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-4612-5119>.

Фесюн Анатолий Дмитриевич, д.м.н., доцент, и.о. директора, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-3097-8889>,

Юрова Ольга Валентиновна, д.м.н., профессор, заместитель директора по научной работе и образовательной деятельности, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0001-7626-5521>.

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТРЕНИРОВКИ МЫШЦ ВДОХА В КОМПЛЕКСНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ХИРУРГИЧЕСКУЮ ВАСКУЛЯРИЗАЦИЮ МИОКАРДА В РАННИЕ СРОКИ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ: РАНДОМИЗИРОВАННОЕ КЛИНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Стяжкина Е.М. *, Апханова Т.В., Юрова О.В., Рожкова Е.А.

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

РЕЗЮМЕ. Введение. Легочная дисфункция может сохраняться и приводить к уменьшению объема легких даже через 3,5 месяца после операции аортокоронарного шунтирования. **Цель.** Изучение клинической эффективности и безопасности применения методики тренировки мышц вдоха в комплексной ранней медицинской реабилитации пациентов, перенесших операцию аортокоронарного шунтирования. **Материал и методы.** В исследование было включено 40 пациентов в возрасте от 45 до 75 лет, поступивших в ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России для проведения II этапа медицинской реабилитации после перенесенной плановой операции АКШ (через 9-10 дней после операции), которые были рандомизированы на 2 группы. Группа сравнения (n=20) получала стандартное лечение, включающие ежедневные групповые занятия лечебной гимнастикой №12; аэробные тренировки на велотренажере № 12; дозированную ходьбу № 14; классический массаж шейно-воротниковой зоны № 12; психокоррекцию - метод рационально-поведенческой терапии № 12. Основная группа (n=20) получала дополнительно на фоне стандартного лечения индивидуальные занятия лечебной гимнастики с тренировкой мышц вдоха. Методы исследования включали проведение клинического осмотра, ЭКГ-контроль, кардиопульмонального теста, тест 6-минутной ходьбы, оценку качества жизни по Миннесотскому опроснику для пациентов с сердечной недостаточностью (MLHFQ) до и в конце курса реабилитации. **Результаты и обсуждение.** Включение в комплекс медицинской реабилитации специальных упражнений, тренирующих мышцы вдоха и координирующие дыхание, привело к повышению пикового потребления кислорода (VO₂ peak) в основной группе с 8,6 [7,2;13] до 12,7[9,2;19,3], p<0,001; с 8,7[7,34;14,2] 10,8[8,2;15,7] мл/мин*кг, p<0,05; к увеличению дистанция ходьбы в основной группе с 312,9 ± 43,1 до 487,9 ±46,8 м (p < 0,001); в группе сравнения с 303,1±40,9 до 409,1±43,0 м (p < 0,001); улучшению качества жизни у пациентов основной группы на 38,5%, а у группы сравнения - на 22,3%. **Заключение.** Включение тренировки мышц вдоха в комплексную медицинскую реабилитацию пациентов, перенесших операцию аортокоронарного шунтирования, обеспечивает повышение функциональных возможностей дыхательного аппарата, переносимости физической нагрузки и качества жизни пациентов. Тренировка мышц вдоха является простой и экономичной методикой и может быть рекомендована на втором этапе кардиореабилитации пациентов в ранние сроки после операции аортокоронарного шунтирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: аортокоронарное шунтирование, медицинская реабилитация, дыхательная функция, тренировка мышц вдоха

ВВЕДЕНИЕ

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) остается ведущей причиной ограничения трудоспособности и смертности населения [1]. Операция аортокоронарного шунтирования (АКШ) по-прежнему широко

*Адрес для переписки:

Стяжкина Елена Михайловна StyazhkinaEM@nmicrk.ru

Цитирование. Стяжкина Е.М., Апханова Т.В., Юрова О.В., Рожкова Е.А. Эффективность применения тренировки мышц вдоха в комплексной реабилитации пациентов, перенесших хирургическую васкуляризацию миокарда в ранние сроки после операции: рандомизированное клиническое исследование. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 31-36.

Citation: Styazhkina E.M., Apkhanova T.V., Yurova O.V., Rozhkova E.A. Effectiveness of inspirational muscle training in complex rehabilitation of patients who have undergone surgical myocardial vascularization in the early terms after surgery: a randomized clinical study. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 31-36.

применяется для хирургической реваскуляризации миокарда при тяжелом течении ИБС, несмотря на разработку и внедрение новых эффективных методов медикаментозной терапии и чрезожных вмешательств [2]. Однако, хирургическое вмешательство может вызвать клинические и функциональные осложнения в ближайший послеоперационный период, в том числе развитие респираторной дисфункции [3]. По результатам проведенного анализа оригинальных исследований показано, что использование поддерживающего бандажа в течение 6 недель в режиме «24/7» на фоне всех необходимых реабилитационных мероприятий у кардиологических пациентов после срединной стернотомии снижает частоту механических осложнений со стороны грудины [4]. Но применение бандажа за счет дополнительного ограничения дыхательной экскурсии грудной клетки приводит к более напряженной работе дыхательной мускулатуры и сопровождается развитием гипоксии [4]. В послеоперационном периоде после стернотомии и искусственной вентиляции легких (ИВЛ) происходит нарушение биомеханики дыхания в виде развития рестриктивных гиповентиляционных расстройств, сопровождающихся уменьшением дыхательного объема легких, увеличением частоты дыхания, дискоординацией работы дыхательных мышц, диспноэ, гиперкапнией [5]. Кроме того, по данным литературы необходимость в механической респираторной поддержке испытывают большинство кардиохирургических пациентов. При этом даже 2-х часовая принудительная ИВЛ может способствовать развитию значительной слабости диафрагмы и снижению ее функциональных свойств - силы (способности развивать максимальное усилие) и выносливости (способности продолжительно поддерживать субмаксимальные усилия) [6]. Легочная дисфункция может сохраняться и приводить к уменьшению объема легких на 25-30% через 3,5 месяца после операции АКШ [7], максимального давления на вдохе и выдохе по сравнению с прогнозируемыми значениями через 6 месяцев после АКШ [8], и подвижности грудной клетки даже через 1 год после перенесенной операции АКШ [9].

В стандартных программах физической реабилитации в ранние сроки после операции АКШ применяются лечебная гимнастика, включающая дыхательные упражнения низкой интенсивности, дозированная ходьба и тренировки на циклических тренажерах [10, 11, 12].

Задачами лечебной физкультуры (ЛФК) после АКШ для улучшения дыхательной функции являются укрепление дыхательных мышц, увеличение подвижности грудной клетки, обучение правильному дыханию, улучшение функции диафрагмы, овладение ритмом дыхательных движений в разных условиях (покой, движение, работа) [11].

В большинстве отечественных и зарубежных исследованиях на втором этапе медицинской реабилитации используются программы, включающие краткосрочные ежедневные дыхательные тренировки низкой и умеренной интенсивности в течение 5-6 дней или с применением дыхательных тренировок с помощью дыхательных тренажеров [13, 14]. Исследование T.D.Santos et al. (2019) показало, что 24 тренировки 2 раза в неделю в течение 12-недельного цикла на втором этапе реабилитации с использованием тренинга мышц вдоха средней и высокой интенсивности на фоне аэробных упражнений и упражнений с отягощениями обеспечивают дополнительные преимущества в плане переносимости физической нагрузки, увеличения силы мышц вдоха, улучшения качества жизни у пациентов после АКШ. [15].

Дыхательные упражнения имеют достаточно сложную координационную структуру по силовым усилиям, темпу и скорости движения. Эти координационные способности ограничены у пациентов в раннем послеоперационном периоде после АКШ и их восстановление требует определенных методик обучения с индивидуальным подходом к пациенту.

ЦЕЛЬ

Изучение клинической эффективности и безопасности применения методики тренировки мышц вдоха в комплексной ранней медицинской реабилитации пациентов, перенесших операцию аортокоронарного шунтирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование было включено 40 пациентов, в возрасте от 45 до 75 лет, поступивших в ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России для проведения II этапа медицинской реабилитации после перенесенной плановой операции АКШ (через 9-10 дней после операции). Из них у 23 пациентов было наложено 2 шунта, у 17 пациентов – 3. Средний возраст обследованных составил $61,2 \pm 14,5$ года, среди них 35 мужчин и 5 женщин. Пациенты имели функциональный класс I и II ХСН (по NYHA).

Критерии невключения в исследование: отказ подписать информированное согласие; клиника стенокардии в раннем послеоперационном периоде; недостаточность кровообращения II и III стадии; аневризма сердца и сосудов; неконтролируемая гипертензия; острый тромбоз; нарушения ритма и проводимости сердца, тяжелые сопутствующие заболевания, препятствующие участию в программе тренировок и проведению нагрузочного тестирования; наличие в анамнезе бронхолегочных заболеваний; заболевания периферических артерий; нервно-мышечные или ортопедические/скелетно-мышечные ограничения.

Пациенты методом простой рандомизации были разделены на 2 группы: основную группу (n=20) и группу сравнения (n=20).

Пациенты группы сравнения получали стандартное лечение, включающие ежедневные групповые занятия лечебной гимнастикой (ЛГ) по методике при заболеваниях сердечно-сосудистой системы, 12 процедур на курс реабилитации; аэробные тренировки на велотренажере в виде педалирования без нагрузки по 5 мин в вводный и заключительный периоды, в основной период педалирование в течение 20 мин с мощностью нагрузки 50% от пороговой мощности, ежедневно, 12 процедур; дозированную ходьбу, ежедневно, № 14; классический массаж шейно-воротниковой зоны, ежедневно, 12 процедур; психокоррекцию - метод рационально-поведенческой терапии № 12.

Пациенты основной группы получали на фоне вышеуказанного стандартного лечения дополнительно индивидуальные занятия лечебной гимнастики с тренировкой мышц вдоха.

Методы исследования включали проведение клинического осмотра, ЭКГ-контроль, кардиопульмонального теста (КПТ), тест 6-минутной ходьбы (ТШХ), оценку качества жизни по Миннесотскому опроснику для пациентов с сердечной недостаточностью (MLHFQ).

Оценка физической выносливости проводилась с помощью КПТ на диагностической системе для нагрузочного кардиопульмонального тестирования с использованием газового анализатора Fitmate MED (COSMED, Италия) и беговой дорожки (COSMED, Италия) по протоколу BRUCE (нагрузка до отказа, длительность каждой ступени 3 мин).

Статистический анализ данных проведен с помощью программы Microsoft STATISTICA 10,0 с использованием параметрических (критерий Стьюдента) и непараметрических методов (критерий Вилкоксона). Для сравнения несвязанных выборок использовали непараметрический критерий Манна-Уитни. Уровень значимости (p) установлен на уровне 5% для всех анализов и принимался равным 0,05.

Методика проведения дыхательного тренинга

В первые 2 индивидуальных занятия дыхательного тренинга - освоение техники диафрагмального дыхания:

1) в и.п. лежа на спине, одна рука пациента лежит на животе, другая на груди. Пациент делает спокойный вдох через нос, надувая живот, при этом рука на груди неподвижна.

2) выдох через полуоткрытый рот – живот опускается. Выдох длится 4-5 сек, затем пауза 3 сек, потом повторяется вдох.

Затем для улучшения дренажной функции легких проводили следующие упражнения в и.п. сидя:

1) на вдохе растирать крылья носа, на выдохе – похлопать пальцами по ноздрям со звуком «м-м-м»;

2) поочередно зажимать ноздри – поочередное дыхание ноздрями: вдох и выдох правой ноздрей, затем вдох и выдох – левой;

3) осуществлять носом вдох, а выдох «сквозь зубы», произнося звук «ш-ш-ш»;

4) правая ладонь на правом плече, левая – на левом. Сделать вдох, а выдох малыми порциями носом, сдавливая локтями боковые поверхности грудной клетки.

В течение занятий проводится 10-20 циклов диафрагмального дыхания и по 4-6 повторов дренажных упражнений.

В последующие 10 занятий к упражнениям диафрагмального дыхания и цикла дренажных упражнений добавляются упражнения на тренировку мышц вдоха:

1) вдохи возможной амплитуды, чтобы не было болевых ощущений в области грудины по 5-6 вдохов;

2) дыхание с заданной скоростью потока – сначала равные по продолжительности вдох и выдох; потом короткий вдох и укороченный выдох; затем энергичный вдох и медленный выдох; потом медленный вдох и энергичный выдох; заканчивая упражнение энергичным вдохом и выдохом;

3) задержка дыхания после вдоха на 5-20 сек по 5-6 раз;

4) вдох малыми объемами без выдоха: каждый новый вдох с уровня предыдущего вдоха (при этом максимальная емкость легких бывает на 15-20% больше, чем при одиночном максимальном объеме вдоха) повтор 5-6 раз.

При переходе от одного упражнения к другому - пауза «отдыха» со спокойным медленным дыханием в течение 1 мин.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка исходных показателей кардиопульмонального нагрузочного тестирования показала, что пациенты двух исследуемых групп были сопоставимы по основным изучаемым параметрам (p>0,05) (таблица 1). При сравнительном анализе показателей пиковое потребление кислорода (VO₂ peak) и максимально выполненная работа после проведенного курса реабилитации увеличились в обеих группах, но в основной группе эти показатели существенно превышали данные показатели в группе сравнения (таблица 1).

Таблица 1. Динамика показателей кардиопульмонального теста до и после реабилитации

| Показатель | Основная группа n = 20 | | p | Группа сравнения n = 20 | | p | Достоверность различий между группами | |
|---------------------------------------|---------------------------|--------------------|-------|----------------------------|--------------------|------|---------------------------------------|-------|
| | До | после | | До | после | | до | после |
| VO2 peak, мл/мин*кг | 8,6 [7,2;13] | 12,7 [9,2;19,3] | 0,001 | 8,7 [7,34;14,2] | 10,8 [8,2;15,7] | 0,05 | 0,810 | 0,01 |
| Максим. выполненная работа (Вт) | 50,0 [25,75] | 75,0 [75,100] | 0,05 | 50,0 [25,50] | 50,0 [50,75] | 0,03 | 0,780 | 0,01 |

При сравнении результатов, полученных при проведении теста 6-минутной ходьбы (ТШХ) выявлено, что при сопоставимых исходных показателях после завершения курса реабилитации толерантность к физическим нагрузкам увеличилась в обеих группах, но более значимо в основной группе. В основной группе дистанция безболевого ходьбы увеличилась с $312,9 \pm 43,1$ до $487,9 \pm 46,8$ м ($p < 0,001$); в группе сравнения произошло увеличение дистанции безболевого ходьбы с $303,1 \pm 40,9$ м до $409,1 \pm 43,0$ м ($p < 0,001$).

После проведенной комплексной реабилитации было отмечено также улучшение качества жизни у пациентов группы сравнения, что проявлялось в снижении баллов по Миннесотскому опроснику (MLHFQ) на 22,3% ($p < 0,05$): с $64,6 \pm 11,67$ до $50,2 \pm 10,12$ баллов. У пациентов основной группы отмечено улучшение качества жизни на 38,5% ($p < 0,05$) в виде снижения баллов с $65,2 \pm 10,32$ до $40,1 \pm 9,25$ баллов.

Проведенный анализ полученных данных продемонстрировал, что пациенты в ранние сроки после АКШ имеют низкие показатели пикового потребления кислорода (VO2 peak), быструю утомляемость, что характеризует низкую толерантность к физической нагрузке. В то же время известно, что низкие значения параметров КПП являются предикторами неблагоприятного прогноза у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями [16].

Ранее проведенные исследования показали, что сила мышц вдоха является важным фактором, определяющим функциональные возможности пациентов после операции АКШ, следовательно, тренировка дыхательных мышц потенциально может привести к улучшению физических показателей этих пациентов [15]. Эти результаты согласуются с нашим исследованием. Хотя пиковое потребление кислорода на высоте нагрузки улучшилось в обеих группах, добавление в комплексное лечение специальных упражнений, тренирующих мышцы вдоха и координирующие дыхание, привело к повышению пикового потребления кислорода (VO2 peak), увеличению толерантности к физической нагрузке и улучшению качества жизни у пациентов основной группы. Также, в ходе проведенного исследования установлено, что предлагаемая методика является безопасной для пациентов с ИБС в ранние сроки после хирургической реваскуляризации миокарда.

Проведенное исследование показало, что индивидуальные занятия лечебной гимнастикой с тренировкой координации дыхания, тренировкой дыхательных мышц с акцентом на мышцы вдоха в комплексной реабилитации дают дополнительные преимущества для переносимости физической нагрузки и качества жизни у пациентов после АКШ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее исследование показало, что включение тренировок мышц вдоха в комплексную медицинскую реабилитацию пациентов, перенесших операцию аортокоронарного шунтирования, обеспечивает повышение функциональной возможностей дыхательного аппарата, его производительности, улучшает переносимость физической нагрузки и качества жизни пациентов. Методика тренировки мышц вдоха является простой и экономичной, и может быть рекомендована на втором этапе кардиореабилитации пациентов в ранние сроки после операции аортокоронарного шунтирования.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Глущенко В. А., Иркиенко Е. К. Сердечно-сосудистая заболеваемость - одна из важнейших проблем здравоохранения. Медицина и организация здравоохранения. 2019. 4(1): 56-63. [Glushchenko V. A., Irklienko E. K. Cardiovascular morbidity is one of the most important health problems. Medicine and Health Organization. 2019. 4(1): 56-63. (In Russ)]
2. Hossen A., Jaju D., Al-Abri M., Mukaddirov M., Al-Hashmi K. Investigation of heart rate variability of patients undergoing coronary artery bypass grafting (CABG), Technol. Health Care. 2017. 25 (2): 197-210, <https://doi.org/10.3233/THC-161260>
3. Чарчян Э.Р., Степаненко А.Б., Генс А.П., Ховрин В.В., Кудряшов А.М., Галеев Н.А., Белов Ю.В. Проспективное рандомизированное исследование сравнения различных методов фиксации грудины после кардиохирургических операций. Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2017. 10 (3): 31-37. [Charchyan E.R., Stepanenko A.B., Gens A.P., Khovrin V.V., Kudryashov A.M., Galeev N.A., Belov Yu.V. Prospective randomized study comparing various methods of

- sternum fixation after cardiac surgery. *Cardiology and cardiovascular surgery*. 2017. 10 (3): 31-37 (In Russ.).] <https://doi.org/10.17116/kardio201710331-37>
4. Архипова Н.В., Помешкина С.А. Ошибки послеоперационной реабилитации кардиохирургического пациента. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2023.16(2):178-182. [Arkhipova NV, Pomeshkina SA. Issues in postoperative rehabilitation after cardiac surgery. *Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya*. 2023. 16(2):178-182. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17116/kardio202316021178>
5. Баздырев Е.Д., Поликутина О.М., Слепынина Ю.С., Каган Е.С., Глинчиков К.Е., Барбараш О.Л. Моделирование риска развития респираторных осложнений у пациентов с ишемической болезнью сердца, подвергшихся коронарному шунтированию. *Пульмонология*. 2018. 28(2):200-210. [Bazdyrev E.D., Polikutina O.M., Slepynina Yu.S., Kagan E.S., Glinchikov K.E., Barbarash O.L. Modeling the risk of developing respiratory complications in patients with coronary heart disease undergoing coronary bypass surgery. *Pulmonology*. 2018. 28(2):200-210. (In Russ.)] <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2018-28-2-200-210>
6. Бабаев М. А., Быков Д. Б., Бирг Т. М., Выжигина М. А., Еременко А. А. ИВЛ-индуцированная дисфункция диафрагмы (обзор). *Общая реаниматология*, 2018. 14(3): 82-103. [Babayev M. A., Bykov D. B., Birg T. M., Vyzhigina M. A., Eremenko A. A. VENTILATED-induced dysfunction of the diaphragm (review). *General resuscitation*, 2018. 14 (3): 82-103. (In Russ.)] <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2018-3-82-103>
7. Westerdahl E., Lindmark B., Eriksson T., Friberg O., Hedenstierna G., Tenling A. Deep-breathing exercises reduce atelectasis and improve pulmonary function after coronary artery bypass surgery. *Chest*. 2005.128(5): 3482–3488, <https://doi.org/10.1378/chest.128.5.3482>.
8. Caruso F.C.R., Simões R.P., Reis M.R. et al. High-intensity inspiratory protocol increases heart rate variability in myocardial revascularization patients. *Braz.J. Cardiovasc. Surg*. 2016. 31 (1): 38–44, <https://doi.org/10.5935/1678-9741.20160007>.
9. Kristjansdottir A., Ragnarsdóttir M., Hannesson P., Beck H.J., Torfason B. Respiratory movements are altered three months and one year following cardiac surgery, *Scand.Cardiovasc. J*. 2004. 38 (2): 98–103, <https://doi.org/10.1080/14017430410028492>.
10. Argunova Yu.A., Pomeshkina S.A., Barbarash O.L. Early Physical Rehabilitation in Frail Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Surgery. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21 (3):72-80. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-3-72-80>.
11. Бокерия Л. А., Аронов Д. М. Российские клинические рекомендации Коронарное шунтирование больных ишемической болезнью сердца: реабилитация и вторичная профилактика. *CardioSomatika*. 2016. 7(3-4): 5-71. [Bokeria L. A., Aronov D. M. Russian clinical guidelines Coronary artery bypass grafting in patients with coronary heart disease: rehabilitation and secondary prevention // *CardioSomatics*. - 2016. 7(3-4): 5-71. (In Russ.)]
12. Юдин В.Е., Чурсина Т.В., Клишко В.В., Сычев В.В., Косухин Е.С. Повышение эффективности медицинской реабилитации больных ишемической болезнью сердца при применении велотренировок по методике свободного выбора нагрузки. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2021. 4: 43-51 [Udin V.E., Chursina T.V., Klimko V.V., Sychev V.V., Kosuhin E.S. Improving the effectiveness of medical rehabilitation of patient with coronary heart disease when using bicyclertraining according to the method of free choice of load. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2021. 4: 43-51. (In Russ.)]
13. Гильмутдинова Л.Т., Фаизова Э.Р., Гараев Р.Р., Галимулина Е.Н., Гильмутдинов Б.Р. Эффективность кардиореабилитации с применением респираторного тренажера и углекислых ванн в дневном стационаре. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 2: 2-10 [Gilmudinova L.T., Faizova E.R., Garaev R.R., Galimulina E.N., Gilmudinov B.R. The effectiveness of cardiorehabilitation with the of a respiratory simulator and carbon dioxide baths in a day hospital. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 2: 2-10. (In Russ.)]
14. Cordeiro A.L.L., Melo T.A., Neves D. et al. Inspiratory muscle training and functional capacity in patients undergoing cardiac surgery. *Braz. J. Cardiovasc. Surg*. 2016. 31(2): 140–144 <https://doi.org/10.5935/1678-9741.20160035>.
15. Santos T.D., Pereira S.N., Portela L.O.C., Cardoso D.M., Lago P.D., Guarda N.S., Moresco R.N., Pereira M.B., Albuquerque I.M. Moderate-to-high intensity inspiratory muscle training improves the effects of combined training on exercise capacity in patients after coronary artery bypass raft surgery: A randomized clinical trial. *International Journal of Cardiology*. 2019. 279: 40–46. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.12.013>
16. Иноземцева А.А. Применение нагрузочного тестирования у пациентов после коронарного шунтирования для оценки эффективности операции, определения реабилитационных возможностей и прогноза. *Бюллетень сибирской медицины*. 2018. 17(4): 221-228. [Inozemtseva A.A. The use of stress testing in patients after coronary bypass surgery to assess the effectiveness of surgery, determine rehabilitation opportunities and prognosis. *Bulletin of Siberian medicine*. 2018. 17(4): 221-228 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2018-4-221-228>

EFFECTIVENESS OF INSPIRATIONAL MUSCLE TRAINING IN COMPLEX REHABILITATION OF PATIENTS WHO HAVE UNDERGOED SURGICAL MYOCARDIAL VASCULARIZATION IN THE EARLY TERMS AFTER SURGERY: A RANDOMIZED CLINICAL STUDY

Styazhkina E.M., Apkhanova T.V., Yurova O.V., Rozhkova E.A.

National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

ABSTRACT. Introduction. Pulmonary dysfunction can persist and lead to a decrease in lung volume even 3.5 months after coronary artery bypass surgery. **Aim.** To study the clinical efficacy and safety of the application of the inhalation muscle training technique in the comprehensive early medical rehabilitation of patients who underwent coronary artery bypass surgery. **Material and methods.** The study included 40 patients aged 45 to 75 years who were admitted to the Federal State Budgetary Institution "NMIC RK" of the Ministry of Health of the

Russian Federation for stage II medical rehabilitation after undergoing elective CABG surgery (9-10 days after surgery), who were randomized into 2 groups. The comparison group (n=20) received standard treatment, including daily group exercises in therapeutic gymnastics No. 12; aerobic exercise on an exercise bike No. 12; dosed walking No. 14; classical massage of the cervical-collar zone No. 12; Psychocorrection is the method of rational behavioral therapy No. 12. The main group (n=20) additionally received individual therapeutic exercises with inhalation muscle training against the background of standard treatment. The research methods included clinical examination, ECG monitoring, cardiopulmonary test, 6-minute walk test, and quality of life assessment according to the Minnesota Questionnaire for Patients with Heart Failure (MLHFQ) before and at the end of the rehabilitation course. **Results and discussion.** The inclusion of special exercises in the complex of medical rehabilitation that train the muscles of inspiration and coordinate breathing led to an increase in peak oxygen consumption (VO₂ peak) in the main group from 8.6 [7.2;13] to 12.7[9.2;19.3], p<0.001; c 8,7[7,34;14,2] 10,8[8,2;15,7] ml/min*kg, p<0.05; increased walking distance in the main group from 312.9 ± 43.1 to 487.9 ± 46.8 m (p < 0.001); in the comparison group from 303.1 ± 40.9 to 409.1 ± 43.0 m (p < 0.001); improved quality of life in patients of the main group by 38.5%, and in the comparison group - by 22.3%. **Conclusion.** The inclusion of inhalation muscle training in the comprehensive medical rehabilitation of patients who have undergone coronary artery bypass surgery provides an increase in the functionality of the respiratory apparatus, exercise tolerance and quality of life of patients. Inhalation muscle training is a simple and economical technique and can be recommended at the second stage of cardiac rehabilitation of patients in the early stages after coronary artery bypass surgery.

KEYWORDS: coronary artery bypass grafting, medical rehabilitation, respiratory function, inhalation muscle training

Сведения об авторах

Стяжкина Елена Михайловна, к.м.н., доцент, ведущий научный сотрудник отдела ортопедии, биомеханики, кинезитерапии и мануальной терапии, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, E-mail: styazhkinaem@nmicrk.ru, <https://orcid.org/0000-003-4612-5119>

Апханова Татьяна Валерьевна, д.м.н., главный научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, E-mail: apkhanova@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-3852-2050>

Юрова Ольга Валентиновна, д.м.н., профессор, заместитель директора по научной и образовательной деятельности, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, E-mail: YurovaOV@nmicrk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7626-5521>

Рожкова Елена Анатольевна, д.б.н., профессор, профессор кафедры восстановительной медицины, физической терапии и медицинской реабилитации ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, E-mail: RozhkovaEA@nmicrk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2440-9244>

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК. 618.15-007.44

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОБАЛЬНЕОТЕРАПИИ И ЛЕЧЕБНОЙ ФИЗКУЛЬТУРЫ У ЖЕНЩИН С ПРОЛАПСОМ ТАЗОВЫХ ОРГАНОВ, СОЧЕТАННЫМ СО СТРЕССОВЫМ НЕДЕРЖАНИЕМ МОЧИ

Котенко Н.В. *, Барашков Г.Н., Борисевич О.О., Рожкова Е.А.

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

РЕЗЮМЕ. Высоко актуальной в настоящее время является проблема поиска новых методов профилактики и лечения пролапса гениталий у женщин. Развитие на фоне данного заболевания таких симптомов, как стрессовое недержание мочи, значительно снижает качество жизни пациенток, приводя к ухудшению физического, психологического и сексуального здоровья. Рецидивирование заболевания в течение 2 лет после оперативного вмешательства имеет весьма высокий процент, что диктует о необходимости внедрения новых способов консервативного лечения пролапса тазовых органов. Результаты проведенного клинического исследования у пациенток с пролапсом гениталий I-III степени свидетельствуют о преимуществах реабилитационного комплекса, включающего электробальнеотерапию и лечебную физическую культуру по сравнению с тренировками мышц тазового дна методом Кегеля. Это проявляется не только улучшением анатомических взаимоотношений между органами малого таза, но и улучшением качества жизни пациенток с недержанием мочи. Также необходимо отметить, что все методики, включенные в комплекс, продемонстрировали высокую степень безопасности. Таким образом, широкое внедрение в практическое здравоохранение разработанного реабилитационного комплекса позволит снизить частоту хирургического вмешательства у пациенток с опущением тазовых органов, сочетанным со стрессовым недержанием мочи, а также улучшить качество жизни этих женщин.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пролапс гениталий, стрессовое недержание мочи, физические факторы, электробальнеотерапия, лечебная физическая культура

ВВЕДЕНИЕ

Согласно эпидемиологическим данным, до 53% женщин отмечают у себя те или иные проявления несостоятельности мышц тазового дна и опущения тазовых органов. Несмотря на то, что данная патология достаточно широко распространена в России, обращаемость за помощью в нашей стране низкая. В развитых странах число обращающихся к специалисту пациенток составляет около 30%, а в России – не более 10% [1,2]. При этом, в трети случаев требуются повторные вмешательства из-за высокой частоты рецидивов в первые три года после операции. Данная проблема становится сложной мультидисциплинарной, так как 73% пациенток с данной патологией жалуются на недержание мочи, 86% сообщают об императивных позывах, а 34-62% - о дисфункции опорожнения мочевого пузыря [1,3]. Поэтому успех лечения зависит от своевременной диагностики, профилактики и качества коррекции функциональных расстройств на ранних этапах дисфункции, что часто позволяет избежать в дальнейшем оперативного лечения.

Современные клинические рекомендации основаны на том факте, что не существует единого

*Адрес для переписки:

Котенко Наталья Владимировна, e-mail: doktorkot@gmail.com.

Цитирование. Котенко Н.В., Барашков Г.Н., Борисевич О.О., Рожкова Е.А. Эффективность электробальнеотерапии и лечебной физкультуры у женщин с пролапсом тазовых органов, сочетанным со стрессовым недержанием мочи. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 37-41.

Citation: Kotenko N.V., Barashkov G.N., Borisevich O.O., Rozhkova E. A. Effectiveness of electrobalmneotherapy in a comprehensive program of medical rehabilitation for women with pelvic organ prolapse combined with stress urinary incontinence. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 37-41.

идеального метода лечения дисфункции мышц. Особое внимание уделяется подходам, ориентированным на пациента, которому рекомендованы немедикаментозные и фармакологические вмешательства в соответствии с индивидуальными симптомами (например, боль, функциональные нарушения со стороны органов мочевыделительной системы). В частности, стратегии самоконтроля (например, физические упражнения, психологические техники), предполагающие активное участие пациента, должны быть неотъемлемым компонентом терапевтического плана [4,5,6]. В этом контексте физиотерапия и гидротерапия предлагают интересные альтернативы «устоявшемуся» лечению и обычно используются в качестве дополнительных вмешательств при лечении мышечных дисфункций [7,8,9]

Уникальность предлагаемого нами в реабилитационном комплексе метода электробальнеотерапии заключается не только в укреплении поперечно-полосатой мускулатуры тазового дна, уменьшении симптомов и степени выраженности пролапса гениталий, улучшении качества жизни пациенток, но и в обеспечении улучшения микроциркуляции органов малого таза за счет воздействия на гладкомышечные волокна, а также общего воздействия бальнеотерапевтической процедуры. Кроме того, основной результат достигается тем, что воздействие в водной среде обеспечивает выраженное антигравитационное и миорелаксирующее действие, в условиях которого сокращение и расслабление мышц (пассивная электрогимнастика) происходит безболезненно и более эффективно, чем вне водной среды [10].

Так как дисфункция тазового дна оказывает существенное неблагоприятное воздействие на качество жизни женщины, в том числе недержание мочи (стрессовое, позывное и смешанное), пролапс тазовых органов, сексуальную дисфункцию, диастаз прямых мышц живота, боли в тазовом поясе и хронические болевые синдромы, целесообразным является включение в комплекс реабилитации специализированного комплекса лечебной физической культуры, воздействующего на разные патогенетические аспекты заболевания.

Целью данного клинического исследования явилось изучение клинической эффективности комплекса медицинской реабилитации, включающего электробальнеотерапию и упражнения лечебной физической культуры у пациенток с пролапсом тазовых органов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Было проведено рандомизированное контролируемое исследование в параллельных группах. Рандомизация проводилась путем созданной последовательности распределения, используя генератор случайных чисел.

Все женщины обращались первично на консультативный прием к гинекологу, критериями отбора пациенток, включенных в исследование являлись: возраст 45-55 лет, клинические признаки пролапса гениталий I-II степени по классификации POP-Q, подтвержденные ультразвуковыми критериями несостоятельности мышц тазового дна, наличие стрессового недержания мочи.

Критерии невключения: обострение заболеваний любой этиологии; общие противопоказания для физиотерапии, злокачественные новообразования любой локализации, в том числе состояния после радикального лечения; имплантируемые электростимуляторы, водители ритма, помповые системы; гормонотерапия, внутриматочная спираль, беременность, лактация.

Критериями исключения являлись: высокий риск или развитие нежелательных явлений у пациентки, несоблюдение пациентом условий оказания медицинской помощи в рамках протокола, отзыв согласия пациента на участие в исследовании, желание пациента прекратить исследование.

Было обследовано 36 женщины (ожидаемый коэффициент отсева 20%). В итоге первичного анкетирования, клинического и ультразвукового исследования, включены в программу наблюдения 32 пациентки в возрасте от 48 до 55 лет.

Все женщины были разделены на две группы, сопоставимые по клиническим проявлениям и данным обследования функциональных характеристик:

1 группа (n- 16 чел.) – пациентки, которым проводились тренировки мышц тазового дна по методике Кегеля;

2 группа (n-16 чел.) – пациентки, которым проводилась комплексная программа реабилитационного лечения, включающая электробальнеотерапию и упражнения лечебной физической культуры.

Методы исследования

У всех пациенток применяли:

1) Анкетирование по ICIQ – SF (International Conference on Incontinence Questionnaire Short Form) - опроснику по влиянию недержания мочи на качество жизни; анкетирование по опроснику оценки индекса женской сексуальной функции (FSFI);

2) Объективное исследование - общий осмотр, гинекологический осмотр – визуальное и мануальное гинекологическое исследование, тесты на сжатие мышц тазового дна, проба Вальсальвы;

3) Ультразвуковую диагностику пролапса гениталий на аппарате GE Voluson E6 Expert трансперинеальным и эндовагинальным доступом, включающую оценку положения шейки матки, угол отклонения оси уретры от вертикальной оси тела (угол α), уровень расположения нижней стенки

мочевого пузыря, цистоцеле, ректоцеле с пробой Вальсальвы.

Все обследования проводились до и после лечения. Статистическая обработка данных проводилась с помощью программного обеспечения STATISTICA 10 методами параметрической и непараметрической статистики.

Методы лечения

Электробальнеотерапия

Процедуры электробальнеотерапии проводили в ванне объемом 200-220 л, со встроенными пластинчатыми электродами для подачи электрического тока. При данной методике использовалась пресная вода температурой 35-36°C. Пациентку погружали в ванну в положение полусидя, при этом область таза с промежностью была полностью покрыта водой. Параметры воздействия: фарадический ток, интенсивность которого постепенно увеличивалась со 120 мА до появления субъективного ощущения вибрации и сокращений мышц тазового дна, наружных и внутренних групп бедренных мышц. Интенсивность тока постепенно повышалась в течение 3-5 минут, поддерживая ощущения мышечных сокращений, но не более 240 мА. Общая продолжительность процедуры - 10-15 минут. Курс состоял из 15 процедур, проводимых ежедневно с перерывами на 2 выходных дня.

Лечебная физическая культура

Использовались методики, имеющие наибольший оздоровительный эффект: лечебная гимнастика, дыхательные упражнения, включающие упражнение «вакуум» или «диафрагмальный замок», кардиотренинг, тренировки, развивающие баланс тела. Основными задачами тренировок являются снижение внутрибрюшного давления, улучшение трофики мышц, увеличение подвижности суставов, повышение двигательных качеств и навыков, общее тонизирующее действие, усиление метаболизма и нормализация микроциркуляции в мышцах.

Применялась оздоровительная программа ежедневных тренировок, включающих баланс-терапию (стабилотренинг), кардиотренировки на дорожке с проекцией движения (Walker View, TesnoBody) и тренировка на эллипсоидном тренажере. Тренировки проводились ежедневно в течение 40 мин, под контролем пульса в тренировочном диапазоне – 110-120 уд/мин).

Курс состоял из 9 процедур, проводимых через день, с перерывами на 2 выходных дня.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При оценке ультразвуковых критериев пролапса гениталий, показатели после проведенного лечения в первой и во второй группе исследования достоверно не отличались, но в обеих группах отмечалась тенденция к снижению ротации переднего уретровезикального угла при пробе Вальсальвы (табл.1). Во второй группе также увеличивалась толщина mm. levatores ani, (на 20,2%) и высота сухожильного центра промежности (на 18,6%).

Таблица 1. Параметры ультразвукового исследования тазового дна

| Показатель | Группа 1 | | Группа 2 | |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | До лечения | После лечения | До лечения | После лечения |
| Величина переднего уретровезикального угла в покое, ° | 36,6 [24,7; 41,8] | 36 [24,35; 41,1] | 31,5 [27,3; 34,2] | 31,3 [27,5; 33,1] |
| Ротация угла альфа при нагрузке, ° | 35,7 [30,7; 40,4] | 31,4 [21,9; 31,4] | 33,4 [21,2; 43,4] | 25,7 [18,7; 28,6] |

Примечание: данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха, где Q1 – 25-й квартиль, Q3 – 75-й квартиль.

Во всех группах исследования отмечалось достоверное улучшение показателей женской сексуальной функции. При межгрупповом сравнении оказалось, что во второй группе исследования были получены достоверно значимые отличия по параметрам «удовлетворение» и «боль» (табл. 2).

Таблица 2. Данные оценки индекса женской сексуальной функции (FSFI)

| Параметры | 1 группа | | 2 группа | |
|------------------------------------|----------|-----------|----------|------------|
| | до | после | до | после |
| Индекс женской сексуальной функции | | | | |
| Влечение | 3,1±1,2 | 5,1±1,6** | 2,3±1,2 | 5,2±1,5** |
| Возбуждение | 3,4±1,7 | 5,2±0,5 | 3,5±2,1 | 4,9±0,9 |
| Лубрификация | 2,4±0,9 | 2,5±1,2 | 2,3±1,4 | 2,6±1,2 |
| Оргазм | 3,6±0,4 | 4,1±1,2** | 3,1±0,8 | 4,6±1,4** |
| Удовлетворение | 2,0±1,1 | 3,1±1,1 | 3,3±0,7 | 5±1,6**# |
| Боль | 2,4±1,2 | 3,1±1,7 | 2,1±0,6 | 5,4±1,6**# |

Примечание: данные представлены в виде среднего и стандартного отклонения. Анализ внутрigrупповых различий произведен по парному критерию Стьюдента. Различия статистически значимы при значениях коэффициента достоверности p : * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$. Межгрупповые различия оценивались по T -критерию Стьюдента, # $p < 0,05$.

По результатам оценки качества жизни по опроснику ICIQ – SF, выявлено, что только во второй группе исследования данный показатель достоверно улучшился ($p < 0,05$) (табл. 3).

Таблица 3. Результаты анкетирования по опроснику влияния недержания мочи на качество жизни (ICIQ – SF)

| Показатель | Группа 1 | | Группа 2 | |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | До лечения | После лечения | До лечения | После лечения |
| Показатель качества жизни, баллы | 13,0 [11,0; 15,0] | 11,0* [10,0; 13,0] | 14,0 [13,0; 15,0] | 11,0* [9,0; 12,0] |

Примечание: данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха, где $Q1$ – 25-й квартиль, $Q3$ – 75-й квартиль. Различия статистически значимы при значениях коэффициента достоверности p : * $p < 0,001$ по сравнению с показателями до лечения, критерий Уилкоксона; # $p < 0,05$ по сравнению с группой сравнения, U -критерий Манна-Уитни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный комплекс реабилитационного лечения, включающий методики электробальнеотерапии и лечебной физической культуры, позволяет существенно улучшить анатомо-функциональные показатели мышц тазового дна, нормализуют женскую сексуальную функцию по показателям сексуального влечения, сексуального удовлетворения, уменьшая выраженность диспареунии, а также улучшают качество жизни пациенток со стрессовым недержанием мочи.

Источник финансирования: авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

- Hunskar S., Lose G., Sykes D., Voss S. The prevalence of urinary incontinence in women in four European countries. *BJU Int.* 2004; 93(3):324-3.
- Аляев Ю.Г., Глыбочко П.В., Пушкарь Д.Ю. Урология. Российские клинические рекомендации. ГЭОТАР-Медиа. М. 2016. 496 с. / Alyaev Yu.G., Glybochko P.V., Pushkar D.Yu.. *Urology. Russian clinical guidelines.* GEOTAR-Media. M. 2016. 496 p. (in Russ.).
- Wu, J. M., Matthews, C. A., Conover, M. M. et al. Lifetime risk of stress urinary incontinence or pelvic organ prolapse surgery. *Obstetrics and gynecology.* 2014; 123(6): 1201–1206. <https://doi.org/10.1097/AOG.0000000000000286>.
- Di Tucci, C., Di Mascio D., Schiavi M. C. et al. Pelvic Inflammatory Disease: Possible Catches and Correct Management in Young Women. *Case reports in obstetrics and gynecology.* 2018; 5831029. <https://doi.org/10.1155/2018/5831029>
- Кончугова Т.В., Кульчицкая Д.Б., Гушина Н.В., Рябков Е.Н. Эффективность магнитной стимуляции, интерференцтерапии, надсосудистой лазеротерапии и аппаратных стато-кинетических нагрузок у пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника в поздний послеоперационный период. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine.* 2023. 1: 3-10 / Konchugova T.V., Kulchitskaya D.B., Gushchina N.V., Ryabkov E.N. Effectiveness of magnetic stimulation, interference therapy, supravascular laser therapy and apparatus stato-kinetic loading in patients with degenerative spinal diseases in the late postoperative period. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine.* 2023. 1: 3-10. (in Russ.).
- Кульчицкая Д.Б., Фесюн А.Д., Кончугова Т.В., Рябков Е.Н., Колбахова С.Н. Применение электростимуляции, воздушной локальной криотерапии, массажа и роботизированной механотерапии с биологической обратной связью у пациентов после эндопротезирования коленного сустава в поздний послеоперационный период. *Russian Journal of*

Environmental and Rehabilitation Medicine. 2023. 1: 11-15 / Kulchitskaya D.B., Fesyun A.D., Konchugova T.V., Ryabkov E.N., Kolbakhova S.N. The use of electrical stimulation, local air cryotherapy, massage and robotic mechanotherapy with biofeedback in patients after knee replacement in the late postoperative period. Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2023. 1: 11-15. (in Russ.).

7. Кульчицкая Д.Б., Фесюн А.Д., Юрова О.В., Кончугова Т.В., Кияткин В.А., Апханова Т.В., Марфина Т.В. Ретроспективный анализ проведенных экспериментальных и клинических исследований действия хлоридных натриевых ванн на организм // Вестник восстановительной медицины. - 2023. - Т. 22. - №3. - С. 102-112 / Kulchitskaya D.B., Fesyun A.D., Yurova O.V., Konchugova T.V., Kiyatkin V.A., Apkhanova T.V., Marfina T.V. Retrospective Analysis of Experimental and Clinical Studies of the Effect of Sodium Chloride Baths on the Body // Bulletin of Rehabilitation Medicine. - 2023. - Vol. 22. - N. 3. - P. 102-112. (in Russ.).

8. Кончугова Т.В., Фесюн А.Д., Никитин М.В., Юрова О.В., Яковлев М.Ю., Кульчицкая Д.Б. Сохранение и развитие физиотерапии как важное условие повышения эффективности санаторно-курортного лечения. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(1):16-21 / Konchugova T.V., Fesyun A.D., Nikitin M.V., Yurova O.V., Yakovlev M.Yu., Kulchitskaya D.B. Sustaining and Development of Physiotherapy as an Important Condition for Health Resort Treatment Effectiveness Increasing: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(1): 16-21. (in Russ.).

9. Бородулина И.В., Ковалев Г.В., Лабетов И.А., Волкова О.В., Шкарупа Д.Д. Применение метода периферической сакральной магнитной стимуляции у пациентов с идиопатическим гиперактивным мочевым пузырем: одиночное слепое проспективное рандомизированное сравнительное клиническое исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(4):50-59 / Borodulina I.V., Kovalev G.V., Labetov I.A., Volkova O.V., Shkarupa D.D. Peripheral Sacral Magnetic Stimulation in Patients with Idiopathic Overactive Bladder: a Single Blind Prospective Randomized Comparative Clinical Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(4):50-59 (In Russ.).

10. Фесюн А.Д., Барашков Г.Н., Котенко Н.В., Борисевич О.О., Гигинейшвили Г.Р., Сергеев В.Н. Способ стимуляции мышц тазового дна методом электробальнеотерапии. Патент на изобретение 2727587 С1 Российская Федерация. Заявл. 05.02.2020; опубл. 22.07.2020 / Fesyun A.D., Barashkov G.N., Kotenko N.V., Borisevich O.O., Gigineishvili G.R., Sergeev V.N. A method of stimulating the pelvic floor muscles using electrobalneotherapy. Patent for invention 2727587 C1 Russian Federation. Application 02/05/2020; publ. 07/22/2020. (in Russ.).

EFFECTIVENESS OF ELECTROBALMNEOTHERAPY IN A COMPREHENSIVE PROGRAM OF MEDICAL REHABILITATION FOR WOMEN WITH PELVIC ORGAN PROLAPSE COMBINED WITH STRESS URINARY INCONTINENCE.

Kotenko N.V., Barashkov G.N., Borisevich O.O., Rozhkova E. A.

National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology of the Ministry of Health of Russia,
Moscow, Russia

ABSTRACT. The problem of finding new methods for the prevention and treatment of genital prolapse in women is highly relevant at present. The development of symptoms such as stress urinary incontinence against the background of this disease significantly reduces the quality of life of patients, leading to a deterioration in physical, psychological and sexual health. Recurrence of the disease within 2 years after surgery has a very high percentage, which dictates the need to introduce new methods of conservative treatment of pelvic organ prolapse. The results of a clinical study in patients with stage I-III genital prolapse indicate the advantages of a rehabilitation complex, including electrobalneotherapy and physical therapy compared to training the pelvic floor muscles using the Kegel method. This is manifested not only by improving the anatomical relationships between the pelvic organs, but also by improving the quality of life of patients with urinary incontinence. It should also be noted that all methods included in the complex have demonstrated a high degree of safety. Thus, the widespread introduction of the developed rehabilitation complex into practical healthcare will reduce the frequency of surgical intervention in patients with pelvic organ prolapse combined with stress urinary incontinence, as well as improve the quality of life of these women.

KEYWORDS: genital prolapse, stress urinary incontinence, physical factors, electrobalneotherapy, therapeutic physical training

Сведения об авторах

Котенко Наталья Владимировна, кандидат медицинских наук; ведущий научный сотрудник отдела соматической реабилитации, репродуктивного здоровья и активного долголетия; <https://orcid.org/0000-0001-6501-791X>, E-mail: doktorkot@gmail.com

Барашков Глеб Николаевич, кандидат медицинских наук; ведущий научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии; <https://orcid.org/0000-0003-3612-3005>, E-mail: glebarra@gmail.com;

Борисевич Ольга Олеговна, научный сотрудник отдела соматической реабилитации, репродуктивного здоровья и активного долголетия; <https://orcid.org/0000-0002-3175-6308>, E-mail: doc.olgaborisevich@yandex.ru

Рожкова Елена Анатольевна, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры восстановительной медицины, физической терапии и медицинской реабилитации, <https://orcid.org/0000-0002-2440-9244>, E-mail: erozhcova@yandex.ru

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК: 616-084

**РЕАБИЛИТАЦИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПОСТТРОМБОФЛЕБИТИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ НИЖНИХ
КОНЕЧНОСТЕЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ РИСКА ТРОМБОЭМБОЛИЙ**

Князева Т.А. *, Фесюн А.Д., Марченкова Л.А., Кульчицкая Д.Б., Ансокова М.А.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии»
Минздрава России, Россия, 121099, Москва, ул. Новый Арбат, 32

РЕЗЮМЕ. С целью оценки клинической эффективности разработанного комплексного метода реабилитации для вторичной профилактики тромбоемболических осложнений у пациентов с постфлебитическим синдромом нижних конечностей проведено рандомизированное проспективное исследование 40 пациентов, распределенных на 2 группы по 20 человек. Группа исследования получала комплекс, включающий компрессионную терапию, лечебную гимнастику в бассейне, воздушную локальную криотерапию и низкочастотное электростатическое поле при индивидуально подобранной медикаментозной терапии, группа сравнения – только индивидуально подобранную медикаментозную и компрессионную терапию. В результате курсового воздействия в течение 14 дней у пациентов группы исследования отмечалось достоверное уменьшение маллеолярного объема, улучшение показателей микроциркуляции и шунтирования, снижение повышенного тонуса артериол, коррекция эндотелиальной дисфункции, а также достоверная положительная динамика общего показателя качества жизни по опроснику CIVIQ2. У пациентов группы сравнения выявлены менее выраженные положительные изменения показателей лазерной доплеровской флоуметрии. Применение данного комплексного метода, воздействующего прицельно на несколько патогенетических звеньев, позволяет в значительно большей степени предотвратить или значительно уменьшить количество опасных венозных тромбоемболических осложнений, повысить качество жизни пациентов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: посттромбофлебитический синдром, компрессионная терапия, криотерапия, низкочастотное электростатическое поле, лечебная гимнастика

ВВЕДЕНИЕ

Постфлебитический синдром (I87,0) известен также как посттромбофлебитический синдром, посттромботический синдром и синдром недостаточности венозных клапанов. Посттромбофлебитический синдром – тяжёлая патология, нередко приводящая пациентов к инвалидизации. Имеются данные о том, что посттромбофлебитический синдром (ПТФС) развивается у 20-50% пациентов, перенесших тромбоз глубоких вен нижних конечностей (ТГВ), несмотря на прием антикоагулянтных препаратов [1]. Частота тромбозов глубоких вен нижних конечностей в общей популяции ежегодно составляет порядка 1–1,5 случая на 1000 взрослого населения, а в пожилом возрасте их частота увеличивается до 200 случаев на 1000 населения в год. После 45 лет заболеваемость резко возрастает, и частота возникновения тесно коррелирует с возрастом пациента [2]. В пожилом возрасте частота тромбоза глубоких вен увеличивается до 200 случаев на 1000 населения в год [1]. Тромбоз глубоких вен нижних конечностей является одной из главных причин послеоперационной летальности (5% после общехирургических и 24% — после ортопедических вмешательств) [3]. Одним из главных факторов риска развития и/или усугубления клинической посттромботической болезни (ПТБ) и хронической венозной недостаточности (ХВН) служит рецидивный тромбоз [4, 5].

Основная задача лечения тромбоза глубоких вен – предотвращение прогрессирования

*Адрес для переписки: Князева Татьяна Александровна; e-mail: tatjanaknyazewa@yandex.ru.

Цитирование. Князева Т.А., Фесюн А.Д., Марченкова Л.А., Кульчицкая Д.Б., Ансокова М.А. Реабилитация пациентов с посттромбофлебитическим синдромом нижних конечностей для снижения риска тромбоемболий. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 42-48.

Citation: Knyazeva T.A., Marchenkova L.A., Kulchitskaya D.B., Ansokova M.A. Rehabilitation of patients with post-thrombotic syndrome of the lower extremities to reduce the risk of thromboembolism. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 4: 42-48.

тромботического процесса в остром периоде и снижение риска развития посттромботической болезни и рецидива венозных тромбоэмболических осложнений (ВТЭО) в отдаленном периоде. Базовыми методами лечения тромбоза глубоких вен являются антикоагулянтная терапия и эластическая компрессия. Вероятность рецидива ВТЭО после завершения терапии антикоагулянтами определяется тем, что спровоцировало тромбоз глубоких вен, а также наличием у пациента дополнительных факторов риска [6]. После первого эпизода тромбоза глубоких вен посттромботический синдром развивается в течение 2 лет у 60% пациентов. При отсутствии лечения у половины больных возникает бессимптомная тромбоэмболия легочной артерии (ТЭЛА). У одной четверти больных возникает рецидив венозной тромбоэмболии в течение последующих 5 лет [7].

В настоящее время активно разрабатываются эффективные и безопасные методы реабилитации пациентов с посттромбофлебитическим синдромом нижних конечностей с целью профилактики тромбоэмболических осложнений (тромбоэмболии легочной артерии, инсульта, тромбоза глубоких вен) с использованием немедикаментозных технологий, способных предотвратить и/или значительно снизить количество опасных венозных тромбоэмболических осложнений. Имеются данные об эффективности использования отдельных методов реабилитации при посттромбофлебитическом синдроме [8, 9, 10]. Предлагаемый комплексный метод медицинской реабилитации позволит оптимизировать подходы к профилактике и снизить риск развития венозных тромбоэмболических осложнений у пациентов с ПТФС (11).

Цель данного исследования: оценка клинической эффективности разработанного комплексного метода реабилитации, включающего компрессионную терапию, лечебную гимнастику в бассейне, воздушную локальную криотерапию и низкочастотное электростатическое поле при индивидуально подобранной медикаментозной терапии, для вторичной профилактики тромбоэмболических осложнений (тромбоэмболии легочной артерии, инсульта, тромбоза глубоких и поверхностных вен) у пациентов с постфлебитическим синдромом нижних конечностей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено рандомизированное проспективное исследование на базе отделения медицинской реабилитации взрослых для пациентов с соматическими заболеваниями №1 ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России. В исследовании приняли участие 40 пациентов: мужчины и женщины в возрасте от 35 до 65 лет, страдающих ПТФС нижних конечностей (I87.0 по МКБ-10) I-III стадий, поступивших на реабилитацию и лечение в рамках обязательного медицинского страхования. Из них: женщин – 89%, мужчин – 11%, средний возраст 52 года.

Критерии включения пациентов

Установленный диагноз: состояние после тромбофлебита поверхностных и глубоких вен нижних конечностей не ранее, чем через 4 и 6 месяцев, соответственно; варикозное расширение вен нижних конечностей; состояние после эндоваскулярных вмешательств на венозной системе нижних конечностей (после выписки из стационара); хроническая венозная недостаточность С3-С5 по классификации CEAP; состояние после оперативных вмешательств на поверхностных и глубоких венах ног (после выписки из хирургического стационара). Наличие подписанного информированного добровольного согласия на участие в исследовании.

Критерии исключения

Добровольный отказ пациента от участия в программе; развитие тяжелых побочных реакций или тяжелых заболеваний/состояний, не связанных с лечением, требующих прекращения проведения реабилитации; несоблюдение пациентом условий оказания медицинской помощи в рамках протокола.

Пациенты методом случайной выборки были разделены на 2 группы:

1-я группа – группа исследования (20 пациентов) – получала комплекс, включающий компрессионную терапию, лечебную гимнастику в бассейне, воздушную локальную криотерапию и низкочастотное электростатическое поле при индивидуально подобранной медикаментозной терапии;

2-я группа – группа сравнения (20 пациентов) – получала индивидуально подобранную медикаментозную и компрессионную терапию.

Медикаментозная терапия. Все пациенты после постановки диагноза постфлебитический синдром нижних конечностей до начала и во время проведения исследования находились по жизненным показаниям на медикаментозной терапии: антиагрегантах (ацетилсалициловая кислота, тиклопедин), оральных антикоагулянтах прямого действия (апиксабан, ривароксабан, дабигатрана эксилот и др.).

Курс комплексной реабилитации для пациентов группы исследования (1-я группа) включал индивидуально подобранную медикаментозную терапию (антикоагулянты или дезагреганты, венотоники) и компрессионную терапию (эластическую компрессию) в комплексе со следующими процедурами:

1. Специальная лечебная гимнастика в бассейне с минеральной водой (сеансы по 40-50 минут, курс – 10-14 процедур). Процедуры по аквагимнастике проводились в бассейне с хлоридным натриевым бромным, борным рассолом с минерализацией $M\ 117,0-122,0\ \text{г/дм}^3$ ($Cl > 90$, $Na^+ > 75\ \text{экв.}\%$). При поступлении в бассейн рассол разводился до концентрации солености, близкой к солености морской воды

(38/1). Лечебную гимнастику в бассейне с минеральной водой выполняли под руководством специально обученного персонала с температурой воды 25-27°C. Пациенты выполняли общеукрепляющие, дыхательные, корригирующие, миорелаксирующие упражнения.

2. Локальная воздушная криотерапия (сеансы по 3-5 минут на поле (до появления чувства жжения), курс – 10 процедур). Процедуры проводились с помощью аппарата «ФРИГОСТРИМ» на область нижних конечностей с удаления 7-15 см по лабильной методике при температуре воздушной струи от -32 до -36°C, скорости воздушного потока от 350 до 1500 л/мин.

3. Импульсное низкочастотное электростатическое поле (сеансы по 5 мин. на одно поле воздействия, курс – 10-14 процедур). Процедуры проводились с помощью физиотерапевтического аппарата «НIVAMAT-200» по лабильной методике. Воздействие оказывалось на область нижних конечностей с помощью ручного аппликатора диаметром 95 мм на сухую кожную поверхность частотой от 100 до 180 Гц, при соотношении длительности импульса и паузы 1:1 (режим 3), интенсивностью 50%.

Курс комплексной реабилитации для группы сравнения (2-я группа) включал только медикаментозную и компрессионную терапию, индивидуально подобранные для каждого пациента.

Продолжительность участия каждого пациента в исследовании – 14 дней, в том числе: амбулаторный скрининг и включение в программу (7 дней), обследование и лечение по программе протокола в рамках стационара (14 дней).

Нарушения микроциркуляции играют важную роль в патогенезе посттромбофлебитического синдрома нижних конечностей, развитии трофических нарушений на всех стадиях заболевания, являясь важнейшим фактором риска развития тромбозомболических осложнений. Для исследования процессов микроциркуляции с оценкой степени восстановления состояния сосудистого эндотелия по показателю транскутанного напряжения ТсрО₂ использовалась лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) на аппарате «ЛАКК-01» (НПП «ЛАЗМА», г.Москва).

Антропометрическое исследование проводилось с помощью измерения «маллеолярного объема» – окружности конечности на уровне нижней трети голени, симметрично на больной и здоровой конечностях. Динамика регрессии отека после лечения оценивалась количественно по редукции окружности ноги.

Оценка показателей качества жизни проводилась по болевой, физической, социальной и психологической шкалам, а также суммарной оценке качества жизни по результатам опросника CIVIQ2.

Обработку результатов исследования выполняли с использованием методов статистическую анализа в программе Microsoft Statistica 10.0. Результаты исследований представлены в виде среднего значения (M) и ошибки средней арифметической (m). Сравнимые выборки изучаемых показателей проверялись на нормальность распределения. Достоверность изменения показателя в динамике и различия средних значений между группами определяли в зависимости от типа распределения: по t-критерию для зависимых и независимых выборок, критерию Вилкоксона и U-критерию Манна-Уитни. Для сравнения долей использовался критерий χ^2 Пирсона. Статистическая значимость устанавливалась при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

После завершения курса, через 14±1 дней клинически у большинства больных отмечалось уменьшение тяжести, чувства распирания в ногах к вечеру, появление «легкости в ногах». У 18 пациентов группы исследования улучшилась эластичность кожи, уменьшились сухость, растрескивание кожи на голенях и стопах.

В результате курсового воздействия реабилитационным комплексом в обеих группах пациентов отмечалось достоверное снижение показателя окружности голени на уровне нижней трети больной конечности (уменьшился маллеолярный объем). В группе исследования данный показатель был лучше, чем в группе сравнения ($p < 0,05$ по критерию для независимых выборок).

У пациентов группы исследования отмечалось уменьшение отеков голеней (маллеолярного объема) на 3,2 см с 26,4±0,7 см до 23,2±0,5 см ($p < 0,05$ по t-критерию для зависимых выборок). У больных группы сравнения, получавших медикаментозную и компрессионную терапию, отмечавших определенное уменьшение распирания, тяжести в ногах, маллеолярный объем уменьшился на 0,6 см – с 26,6±0,3 до 26,0±0,2 см ($p < 0,05$).

По данным лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) у всех пациентов до лечения определялся застойный тип микроциркуляции: недостаточность веноулярного звена, спазм артериол и повышение сосудистого тонуса. После курсового воздействия реабилитационным комплексом в группе исследования отмечено улучшение показателя микроциркуляции (ПМ) на 24,5% ($p < 0,01$), показателя шунтирования (ПШ) – на 21,5%. Показатель эндотелиальной дисфункции (ЭД) улучшился на 42,3% ($p < 0,05$). Наблюдалась положительная динамика показателей ЛДФ – снижение повышенного тонуса артериол (ALF/СКО x 100%) со 170,4±8,29 до 135,0±8,78 ($p < 0,01$) (на 20,8%); уменьшение застоя в венах (АНФ/СКО x 100%) с 63,4±3,3 до 48,06±3,68 ($p < 0,001$) (на 24,2%) и капиллярах (АСФ/СКО x 100%) с 52,18±3,64 до 40,18±4,04 ($p < 0,05$) (на 22,9%). Это свидетельствует об уменьшении застойных явлений в капиллярном звене, коррекции эндотелиальной дисфункции (12).

У пациентов группы сравнения, получавших медикаментозную и компрессионную терапию,

выявлена менее выраженная положительная динамика показателей ЛДФ ($p < 0,05$ по критерию Манна-Уитни): снизился увеличенный тонус артериол (ALF/CKO x 100%) со $176,5 \pm 9,4$ до $165,2 \pm 8,7$, $p < 0,05$ (на 11,9%) застойные явления в веноулярном (AHF/CKO x 100%) и капиллярном (ACF/CKO x 100%) звеньях уменьшились с $68,7 \pm 5,1$ до $59,2 \pm 3,2$, $p < 0,05$ (на 13,2%) и с $53,18 \pm 3,2$ до $48,12 \pm 3,6$, $p < 0,05$ (на 13,6%) соответственно.

Достоверных изменений показателей плазменно-коагуляционной фазы гемостаза у пациентов обеих групп не выявлено, что, по всей вероятности, обусловлено длительным (в течение 3-6 месяцев) приемом пациентами дезагрегантной и антикоагулянтной терапии по жизненным показаниям до и в процессе проводимого исследования.

Результаты изучения параметров качества жизни с применением вопросника CIVIQ 2 через 2 недели после начала лечения отражены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели качества жизни у исследуемых больных по результатам тестирования с помощью вопросника CIVIQ2 после проведенного курса лечения

| Шкала опросника CIVIQ (баллы) | 1-я группа (исследования) | | 2-я группа (сравнения) | |
|-------------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| | До лечения | После лечения | До лечения | После лечения |
| болевая | $9,5 \pm 1,11$ | $6,81 \pm 0,42^*$ | $9,8 \pm 1,21$ | $8,4 \pm 1,11$ |
| физическая | $14,7 \pm 2,13$ | $9,48 \pm 1,13^*$ | $14,9 \pm 2,31$ | $14,5 \pm 2,18$ |
| социальная | $16,17 \pm 2,12$ | $10,72 \pm 1,38^*$ | $16,48 \pm 2,1$ | $11,32 \pm 1,51^*$ |
| психологическая | $24,3 \pm 3,02$ | $18,13 \pm 1,87$ | $24,8 \pm 3,12$ | $17,81 \pm 1,31^*$ |
| Общая оценка качества жизни | $64,7 \pm 6,11$ | $45,11 \pm 4,60^*$ | $65,2 \pm 7,12$ | $54,31 \pm 6,20$ |

Примечание: $p < 0,05^*$.

Отмечена достоверная положительная динамика показателей качества жизни по болевой, физической и социальной шкалам у пациентов группы исследования, а также улучшение общего показателя качества жизни. У пациентов группы сравнения отмечались положительные сдвиги по психологической и социальной шкалам. Во 2-й группе (группе сравнения) динамика показателей по болевой и физической шкалам, также, как и общего показателя качества жизни, была недостоверной.

За время наблюдения и проведения реабилитационных мероприятий ухудшения состояния пациентов, побочных эффектов не было отмечено.

ОБСУЖДЕНИЕ

Как известно, в реабилитации пациентов с постфлебитическим синдромом нижних конечностей с целью профилактики венозных тромбоэмболических осложнений, включающих венозные тромбоэмболии легочной артерии, инсульт, тромбоз глубоких и поверхностных вен, наибольшую эффективность показала профилактика тромбоза глубоких вен с помощью антикоагулянтов, даже после недавно перенесенного инсульта, их польза гораздо выше любой компрессионной терапии. Тем не менее, даже низкие дозы антикоагулянтов, которые назначаются для предотвращения тромбоза глубоких вен, сопровождаются повышенным риском кровотечения, в том числе внутричерепным кровоизлиянием, что перевешивает пользу профилактики тромбоза глубоких вен [15].

Широкое внедрение за последние годы в практику инновационных эндоваскулярных технологий (эндовенозная лазерная облитерация, радиочастотная абляция, склерооблитерация, Foam-form), малоинвазивных хирургических методик устранения варикозного синдрома и коррекции гемодинамических нарушений в глубоких и поверхностных венозных бассейнах, не привело к достоверному снижению количества послеоперационных рецидивов и потребности в повторной операции [6].

В связи с чем активно разрабатываются более эффективные и безопасные методы реабилитации пациентов с постфлебитическим синдромом нижних конечностей с целью профилактики тромбоэмболических осложнений (тромбоэмболии легочной артерии, инсульта, тромбоза глубоких вен) с использованием немедикаментозных технологий, способных предотвратить и/или значительно снизить количество опасных венозных тромбоэмболических осложнений.

В ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России научно разработан комплексный метод вторичной профилактики посттромбофлебитического синдрома, включающий в себя: 1) лечебную гимнастику в бассейне, направленную на снижение венозной гипертензии в системе глубоких вен за счет увеличения венозного возврата при активации мышечной помпы голени с прицельным противовоспалительным, фибринолитическим и гипокоагуляционным действием, улучшением процессов микроциркуляции [12], 2) воздушную локальную криотерапию и 3) импульсное низкочастотное электростатическое поле для усиления

реабсорбции интерстициальной жидкости на уровне капилляров, уменьшения венозного стаза.

Отличие данного комплексного метода заключается в том, что все его составляющие, применявшиеся ранее как отдельные методы лечения [11], впервые применяются в виде комплексного метода вторичной профилактики венозных тромбоэмболических осложнений у пациентов. Применение данного комплексного метода, воздействуя прицельно на несколько патогенетических звеньев, позволяет в значительно большей степени, чем раздельное применение вышезаявленных факторов, улучшить венозный отток, процессы микроциркуляции, эндотелиальную функцию, что свидетельствует о положительном эффекте комплексного лечения, которое улучшая показатели флебогемодинамики в нижних конечностях, служит патогенетическим обоснованием для предотвращения или значительного снижения количества опасных венозных тромбоэмболических осложнений (тромбоэмболии легочной артерии, инсультов, тромбозов глубоких вен) у пациентов с постфлебитическим синдромом нижних конечностей, а следовательно, уменьшением количества летальных случаев, инвалидизации и нетрудоспособности пациентов, уменьшением числа побочных и нежелательных реакций, положительно влияет на общее самочувствие, улучшает психологическое состояние и повышает социальную и физическую активность пациентов [16-18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение разработанного в ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России комплексного реабилитационного метода вторичной профилактики венозных тромбоэмболических осложнений с использованием компрессионной терапии, лечебной гимнастики в бассейне, воздушной локальной криотерапии и низкочастотного электростатического поля у пациентов с посттромбофлебитическим синдромом нижних конечностей на фоне стандартной медикаментозной терапии приводит к уменьшению застойных явлений, улучшению перфузии тканей, уменьшению выраженности посттромбофлебитического синдрома, улучшению качества жизни, позволяет улучшить результаты стандартного консервативного лечения и профилактики у пациентов с постфлебитическим синдромом: улучшить процессы микроциркуляции, стимулировать венозный отток, восстановить эндотелиальную функцию, что служит патогенетическим обоснованием для предотвращения или значительного снижения количества опасных венозных тромбоэмболических осложнений (тромбоэмболии легочной артерии, инсульта, тромбоза глубоких вен) у пациентов с постфлебитическим синдромом нижних конечностей и повышения качества жизни пациентов.

В результате внедрения метода ожидается снижение числа случаев летальных исходов и длительности стационарного лечения, уменьшения числа дней нетрудоспособности и количества обращаемости за амбулаторной медицинской помощью, что ассоциируется со значительным экономическим эффектом для системы здравоохранения. Данный метод может с успехом и широко использоваться в учреждениях практического здравоохранения.

Источник финансирования: Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Клиническая флебология. Под ред. Ю.Л. Шевченко, Ю.М. Стойко. М.: ДПК Пресс; 2016. 256 с. Clinical phlebology. Ed. Yu.L. Shevchenko, Yu.M. Stoyko. Moscow: DPK Press Pub.; 2016. 256 p. (in Russ)
2. Abdelmalik BHA, Leslom MMA, Gameraddin M, Alshammari QT, Hussien R, Alyami MH, Salih M, Yousef M, Yousif E. Assessment of Lower Limb Deep Vein Thrombosis: Characterization and Associated Risk Factors Using Triplex Doppler Imaging. *Vasc. Health Risk Manag.* 2023; 19: 279-287. <https://doi.org/10.2147/VHRM.S409253>.
3. Савельев В.С., Чазов Е.И., Гусев Е.И., Кириенко А.И., Акчури Р.С., Андрияшкин В.В., Арутюнов Г.П., Бицадзе В.О., Бодыхов М.К., Бритов А.Н., Бутенко А.В., Вавилова Т.В., Войновский Е.А., Воробьева Н.А., Восканян Ю.Э., Гавриленко А.В., Галстян Г.М., Гельфанд Б.Р., Голубев Г.Ш., Замятин М.Н. и др. Российские клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике венозных тромбоэмболических осложнений. *Флебология.* 2010; 4 (2): 2-37. Savelyev V.S., Chazov E.I., Gusev E.I., Kirienko A.I., Akchurin R.S., Andriyashkin V.V., Arutyunov G.P., Bitsadze V.O., Bodikhov M.K., Britov A.N., Butenko A.V., Vavilova T.V., Voynovsky E.A., Vorobyeva N.A., Voskanyan Y.E., Gavrilenko A.V., Galstyan G.M., Gelfand B.R., Golubev G.Sh., Zamyatin M.N. et al. Russian clinical recommendations on diagnostics, treatment and prevention of venous thromboembolic complications. *Flebologiya.* 2010; 4 (2): 2-37. (in Russ)
4. Бокерия Л.А., Затевахин И.И., Кириенко А.И., Андрияшкин А.В., Андрияшкин В.В. Российские клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике венозных тромбоэмболических осложнений (ВТЭО). *Флебология.* 2015; 9 (4-2): 1-52. Bokeria L.A., Zatevakhin I.I., Kirienko A.I., Andriyashkin A.V., Andriyashkin V.V., et al. Russian clinical recommendations on diagnostics, treatment and prevention of venous thromboembolic complications (VTEO). *Flebologiya.* 2015; 9 (4-2): 1-52. (in Russ)
5. Стойко Ю.М., Кириенко А.И., Илюхин Е.А. и др. Диагностика и лечение тромбоза поверхностных вен конечностей. Рекомендации Ассоциации флебологов России. *Флебология.* 2019; 13 (2): 78-97. <https://doi.org/10.17116/flebo20191302178>

- Stoyko Yu.M., Kirienko A.I., Plyukhin E.A. et al. Diagnostics and treatment of superficial thrombophlebitis. Guidelines of the Russian Phlebological association. *Flebologiya*. 2019; 13 (2): 78-97. <https://doi.org/10.17116/flebo20191302178> (in Russ)
6. Селиверстов Е.И., Лобастов К.В., Илюхин Е.А. и др. Профилактика, диагностика и лечение тромбоза глубоких вен. Рекомендации российских экспертов. *Флебология*. 2023; 17 (3): 152-296. <https://doi.org/10.17116/flebo202317031152>
- Seliverstov E.I., Lobastov K.V., Plyukhin E.A. et al. Prevention, diagnostics and treatment of deep vein thrombosis. Russian Experts consensus. *Flebologiya*. 2023; 17 (3): 152-296. <https://doi.org/10.17116/flebo202317031152> (in Russ)
7. Лебедев А.К., Кузнецова О.Ю. Тромбоз глубоких вен нижних конечностей. *Российский семейный врач*. 2015; 19 (3): 4-16. <https://doi.org/10.17816/RFD201534-16>
- Lebedev A.K., Kuznetsova O.YU. Deep venous thrombosis of lower extremities. *Russian family doctor*. 2015; 19 (3): 4-16. <https://doi.org/10.17816/RFD201534-16> (in Russ)
8. Кульчицкая Д.Б., Фесюн А.Д., Апханова Т.В., Агасаров Л.Г., Кончугова Т.В., Стяжкина Е.М., Морунова В.А. Программы медицинской реабилитации пациентов с посттромбофлебитическим синдромом нижних конечностей (лазеротерапия, прескотерапия, роботизированная механотерапия с биологической обратной связью). *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2023; 17 (1): 148-153. <https://doi.org/10.24412/2075-4094-2023-1-3-9>
- Kulchitskaya D.B., Fesyun A.D., Apkhanova T.V., Agasarov L.G., Konchugova T.V., Styazhkina E.M., Morunova V.A. Programs of medical rehabilitation of patients with post-thrombophlebitic syndrome of the lower extremities. *Journal of new medical technologies. Eedition*. 2023; 17 (1): 148-153. <https://doi.org/10.24412/2075-4094-2023-1-3-9> (in Russ)
9. Князева Т.А., Никитин М.В., Никифорова Т.И. Профилактика тромбозомболических осложнений у пациентов с постфлебитическим синдромом нижних конечностей. *Вестник восстановительной медицины*. 2021; 20 (5): 19-25. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-5-19-25>
- Knyazeva T.A., Nikitin M.V., Nikiforova T.I. Prevention of thromboembolic complications in patients with postphlebitic lower extremities syndrome. *Bulletin of rehabilitation medicine*. 2021; 20 (5): 19-25. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-5-19-25> (in Russ)
10. Князева Т.А., Трухачева Н.В. Нагапетян В.К. Пеллоидотерапия в лечении осложненных форм хронической венозной недостаточности нижних конечностей. *Вестник восстановительной медицины*. 2010; (3 (37)): 54-57.
- Knyazeva T.A., Trukhacheva N.V. Nagapetyan V.K. Peloidotherapy in the treatment of complicated forms of chronic venous insufficiency of the lower extremities. *Bulletin of rehabilitation medicine*. 2010; (3 (37)): 54-57.
11. Бенков А.А. Перспективные методы аппаратной физиотерапии для изучения их сочетанного применения: механизмы действия, клиническая эффективность. *Российский журнал экологической и восстановительной медицины*. 2023. 3. 46. 46-51.
- Benkov A.A. Promising methods of hardware physiotherapy to study their combined application: mechanisms of action, clinical efficiency. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023. 2:3-12.
12. Кульчицкая Д.Б., Фесюн А.Д., Гущина Н.В., Кончугова Т.В., Апханова Т.В. Применение импульсного низкочастотного электростатического поля, магнитотерапии, технологии виртуальной реальности, групповой психотерапии, массажа и йодобромных ванн у пациентов с посттравматическим стрессовым расстройством. *Российский журнал экологической и восстановительной медицины*. 2023. 3. 46. 46-51.
- Kulchitskaya D.B., Fesyun A.D., Gushchina N.V., Konchugova T.V., Apkhanova T.V. Application of pulsed low-frequency electrostatic field, magnetic therapy, virtual reality technology, group psychotherapy, massage and iodine-bromine baths in patients with post-traumatic stress disorder. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023. 3: 46-51.
13. Стойко Ю.М., Кириенко А.И., Затевахин И.И. и др. Российские клинические рекомендации по диагностике и лечению хронических заболеваний вен. 2018; 12 (3): 146-240. <https://doi.org/10.17116/flebo20187031146>
- Stoyko Yu.M., Kirienko A.I., Zatevakhin I.I. et al. Poremskaya O.YA., Katorkin S.E., Kletskin A.E., Pryadko S.I.I, Suchkov I.A., Kalinin R.E. et al. Russian clinical guidelines for the diagnostics and treatment of chronic venous diseases. *Flebologiya*. 2018; 12 (3): 146-240. <https://doi.org/10.17116/flebo20187031146> (in Russ)
14. Лобанов А.А., Гришечкина И.А., Фесюн А.Д., Рачин А.П., Яковлев М.Ю., Андронов С.В., Барашков Г.Н., Лебедева О.Д., Попов А.И., Стяжкина Е.М., Ансокова М.А., Васильева В.А. Исследование эффективности и безопасности реабилитационной программы пациентов с постковидным синдромом с применением аквафитнеса. *Вестник восстановительной медицины*. 2022; 21 (3): 45-57. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-3-45-57>
- Lobanov A.A., Grishechkina I.A., Fesyun A.D., Rachin A.P., Yakovlev M.Yu., Andronov S.V., Barashkov G.N., Lebedeva O.D., Popov A.I., Styazhkina E.M., Ansokova M.A., Vasil'eva V.A. Investigation of the effectiveness and safety of a rehabilitation program for patients with long covid using aquatic training. *Bulletin of rehabilitation medicine*. 2022; 21 (3): 45-57. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-3-45-57> (in Russ).
15. Апханова Т.В., Кульчицкая Д.Б., Еремушкин М.А., Стяжкина Е.М. Применение лечебной гимнастики в бассейне в реабилитации больных с хронической лимфовеенозной недостаточностью нижних конечностей. *Вестник восстановительной медицины*. 2019; (3 (91)): 20-24.
- Aphanova T.V., Kulchitskaya D.B., Eremushkin M.A., Styazhkina E.M. Using of therapeutic exercises in a swimming pool in rehabilitation of patients with chronic lymphovenous insufficiency of lower extremities. *Bulletin of rehabilitation medicine*. 2019; (3 (91)): 20-24. (in Russ).
16. Фесюн А.Д., Рачин А.П., Яковлев М.Ю. и др. Санаторно-курортное лечение. Научно-практическое руководство для врачей. Том 2: Санаторно-курортное лечение при различных заболеваниях. Москва: ООО «Реновация»; 2022: 92-119.
- Fesyun A.D., Rachin A.P., Yakovlev M.Y. et al. Sanatorium-resort treatment. Scientific and practical guide for doctors. Volume 2: Sanatorium-resort treatment for various diseases. Moscow: Renovation Pub.; 2022: С. 92-119. (in Russ).
17. Бадтиева В.А., Бадалов Н.Г., Трухачева Н.В. Опыт применения хлоридных натриевых ванн из морской нерафинированной соли Крыма в реабилитации больных хронической венозной недостаточностью. *Вестник восстановительной медицины*. 2010; (6 (40)): 64-67.
- Badtieva V.A., Badalov N.G., Trukhacheva N.V. Experience of using sodium chloride baths from unrefined sea salt of Crimea in the rehabilitation of patients with chronic venous insufficiency. *Bulletin of rehabilitation medicine*. 2010; (6 (40)): 64-67.
18. Физиотерапия и курортология. Книга 1. Под ред. В.М. Боголюбова. Москва: Изд-во БИНОМ; 2020. 408 с.
- Physiotherapy and health resortology. Book 1. Bogolyubov V.M. ed. Moscow: BINOM Pub; 2020. 408 p. (in Russ)

REHABILITATION OF PATIENTS WITH POST-THROMBOTIC SYNDROME OF THE LOWER EXTREMITIES TO REDUCE THE RISK OF THROMBOEMBOLISM

Knyazeva T.A., Marchenkova L.A., Kulchitskaya D.B., Ansokova M.A.

National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology of the Ministry of Health of the Russian Federation, 32, Novy Arbat, Moscow, 121099, Russia

ABSTRACT. In aim to evaluate the clinical efficacy of the developed complex rehabilitation method for secondary prevention of thromboembolic complications in patients with postphlebotic syndrome of the lower limbs, a randomized prospective study of 40 patients distributed into 2 groups of 20 people each was conducted. The study group received a complex including compression therapy, therapeutic gymnastics in a swimming pool, air local cryotherapy and low-frequency electrostatic field with individually selected drug therapy, the comparison group - only individually selected drug and compression therapy. The duration of participation was 14 days. Microcirculation processes were studied using laser Doppler flowmetry (LDF), the dynamics of edema regression after treatment was determined, and the quality of life was assessed using the CIVIQ2 questionnaire. As a result of the course of treatment with the rehabilitation complex, patients in the study group showed a significant decrease in malleolar volume, improvement of microcirculation parameters, shunting, reduction of increased tone of arterioles, indicating a decrease in congestion in the capillary link, correction of endothelial dysfunction. The patients of the comparison group showed less pronounced positive dynamics of LDF parameters. Reliable positive dynamics of life quality indicators on pain, physical and social scales in the patients of the study group, as well as improvement of the overall quality of life index were noted. Application of this complex method, acting specifically on several pathogenetic links, allows to prevent or significantly reduce the number of dangerous venous thromboembolic complications to a much greater extent, the number of adverse reactions, improve the quality of life.

KEYWORDS: post-thrombotic syndrome, compression therapy, cryotherapy, low-frequency electrostatic field, therapeutic physical training

Сведения об авторах:

Князева Татьяна Александровна, д.м.н., профессор, главный научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, 121099,

Москва, ул. Новый Арбат, 32. E-mail: KnyazevaTA@nmicrk.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3384-5205>

Фесюн А.Д., д.м.н., профессор кафедры организации здравоохранения и санаторно-курортного дела, и.о. директора, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, г. Москва. E-mail: FesyunAD@nmicrk.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

Марченкова Лариса Александровна, д.м.н., заведующая отделом соматической реабилитации, репродуктивного здоровья и активного долголетия, главный научный сотрудник ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, 121099, Москва, ул. Новый Арбат, 32. E-mail: marchenkovaLA@nmicrk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2607-8848>

Кульчицкая Дегелина Борисовна, д.м.н., профессор, главный научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, 121099, Москва, ул. Новый Арбат, 32. E-mail: KulchitskayaDB@nmicrk.ru; ORCID: <http://orcid.org/>

Ансокова Марьяна Аркадьевна, младший научный сотрудник отдела соматической реабилитации репродуктивного здоровья и активного долголетия, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, 121099, Москва, ул. Новый Арбат, 32. E-mail: AnsokovaMA@nmicrk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8888-6149>.

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПОСТРЕЦИПРОКНОЙ РЕЛАКСАЦИИ МЫШЦ У ПАЦИЕНТОВ
С КОНТРАКТУРАМИ ПЛЕЧЕВОГО СУСТАВА

Михалев В.С. *, Фесюн А.Д., Юрова О.В., Стяжкина Е.М., Михалева К.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ. Введение. Актуальность исследования обусловлена высокой распространенностью и частотой патологии опорно-двигательного аппарата и патологии плечевого сустава, в частности, увеличением количества пациентов трудоспособного возраста с повреждениями периапулярных тканей и плечевого сустава. К основным проявлениям дисфункции плечевого сустава относят, боль, ограничение движения и нарушение плече-лопаточного ритма [1]. Травмы пояса верхней конечности, по современным данным, в практике врача-травматолога встречаются в 15% всех случаев травм. Пациенты молодого и трудоспособного возраста страдают чаще, по причине различных спортивных, бытовых, дорожно-транспортных травм [3]. **Цель.** Сравнить эффективность применения пострещипрокной релаксации мышц у пациентов с контрактурами плечевого сустава с постизометрической релаксацией мышц. **Материалы и методы.** Была проведена функциональная оценка плечевого сустава (оценка амплитуды движений в плечевом суставе на аппарате CON-TREX) у пациентов с контрактурами плечевого сустава до 6 месяцев после травмы до начала и в конце курса лечения. В исследовании приняли участие 20 человек обоих полов: мужчины (n=14) и женщины (n=6). Средний возраст пациентов составил 34 ± 8 лет. Пациенты методом простой рандомизации были распределены в две равные группы по 10 человек. Основная группа пациентов получала курс мануальной терапии с использованием техник пострещипрокной релаксации №6 по 30 минут в течение 14 дней в режиме через день. Группа сравнения получала курс мануальной терапии с использованием техник постизометрической релаксации №6 по 30 минут в течение 14 дней в режиме через день. **Результаты.** В результате применения мягкой мануальной техники – пострещипрокной релаксации, отмечено достоверное улучшение объема движений при отведении и сгибании верхней конечности в плечевом суставе (отведение: с $69,80 \pm 9,54$ градусов до $163,70 \pm 10,20$ градусов; сгибание: с $70,40 \pm 8,14$ градусов до $170,60 \pm 7,85$ градусов), и достоверно значимо превышали показатели в группе с проведением постизометрической релаксации ($p < 0,05$), в которой показатели объема движений по показателю отведение и сгибание составили (отведение: с $70,50 \pm 10,39$ градусов до $106,00 \pm 12,05$ градусов, сгибание: с $66,50 \pm 8,55$ градусов до $111,30 \pm 13,03$ градусов). **Заключение.** Использование мануальной терапии с пострещипрокной релаксацией увеличивает объем движений в плечевом суставе при посттравматической контрактуре, что позволяет существенно увеличить объем движений в плечевом суставе по сравнению с применением мануальной терапии с постизометрической релаксацией.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: реабилитация, плечевой сустав, постизометрическая релаксация, пострещипрокная релаксация, ПРР, ПИР, контрактура, мануальная терапия

*Адрес для переписки:
Михалев Виктор Сергеевич, vitya1903@mail.ru

Цитирование. Михалев В.С., Фесюн А.Д., Юрова О.В., Стяжкина Е.М., Михалева К.А. Эффективность применения пострещипрокной релаксации мышц у пациентов с контрактурами плечевого сустава. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 49-54.

Citation: Mikhalev V.S., Fesyun A.D., Yurova O.V., Styazhkina E.M., Mikhaleva K.A. Effectiveness of post-reciprocus muscle relaxation in patients with shoulder joint contractures. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 49-54.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время патология плечевого сустава составляет 5-7% заболеваний суставов и 16-55% заболеваний крупных суставов [1, 2]. Травматическое поражение пояса верхней конечности, по современным данным, в практике врача-травматолога встречаются примерно в 15% всех случаев травм. Чаще они возникают у лиц молодого, трудоспособного возраста при различных спортивных, бытовых, дорожно-транспортных травм [3]. Кроме того, частое отсутствие систематических физических нагрузок и сидячий образ жизни являются факторами риска для снижения функциональных возможностей аппарата плечевого пояса и шейно-грудного отдела позвоночника [3]. Это, в свою очередь, создает предпосылки для развития определенных компенсаций со стороны мышечно-связочного аппарата плечевого пояса и шеи, которые проявляются в виде нарушений двигательного стереотипа с развитием «верхнего перекрестного синдрома», а в дальнейшем – возникновением ряда заболеваний, объединенных термином «плечелопаточный периартроз» (ПЛП).

Основными проявлениями нарушений функций плечевого сустава, вне зависимости от этиологии и патогенеза заболевания, являются, прежде всего, боль, ограничение амплитуды движений в суставе и нарушение плече-лопаточного ритма [2, 3]. В структуре причин боли в плечевом суставе ПЛП составляет 43% [7].

Стоит отметить и патологию вращательной манжеты плеча (ВМП), распространенность которой составляет 9,7% у пациентов моложе 20 лет, и 62% у людей старше 80 лет. Повреждение ВМП также влечет за собой развитие болевого синдрома, значимое ограничение функции плечевого сустава, приводящее к нетрудоспособности и снижению повседневной активности [8, 9].

Применяемый метод мануальной терапии, постизометрическая релаксация (ПИР), дает положительные результаты и успешно применяется в реабилитации пациентов с патологией плечевого сустава. Однако, этот метод не лишен недостатков. Так, при проведении ПИР, присутствует элемент активного воздействия на мышцу специалистом, что, при нарушении техники проведения, влечет риск травматизации и ухудшения состояния пациента, как физического, так и психологического. Возникновение любого осложнения при проведении процедур снижает комплаенс и несколько увеличивает сроки реабилитации [4-6].

Применение постреципрокной релаксации (ПРР) позволяет исключить активное воздействие специалиста и, следовательно, вероятность развития осложнения. Кроме того, лечебный эффект этого метода превосходит таковой у ПИР [6]. Мануальный терапевт проводит словесное инструктирование и корригирование направления движения и усилия самого пациента [5, 6].

ЦЕЛЬ

Сравнить эффективность применения постреципрокной релаксации мышц у пациентов с контрактурами плечевого сустава с постизометрической релаксацией мышц.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование было включено 20 пациентов с контрактурами плечевого сустава в возрасте от 23 до 48 лет. Средний возраст пациентов составил 34 ± 8 лет. В исследовании было 14 мужчин и 6 женщин. Пациенты отбирались и принимали участие в исследовании в соответствии с критериями включения/невключения. Критерии включения: пациенты с контрактурами плечевого сустава не позже 6 месяцев после получения травмы (S42.2 — Перелом верхнего конца плечевой кости; S42.3 — Перелом тела [диафиза] плечевой кости; S42.8 — Перелом других частей плечевого пояса и плеча; S42.9 — Перелом неуточненной части плечевого пояса). Критерии неключения: лица младше 18 и старше 50 лет, любые онкологические заболевания, кровотечения любого генеза, остеопороз в анамнезе, тромбозы, тромбозы, ОКС и ОНМК до 1 года, декомпенсация хронических заболеваний, психические заболевания, острые инфекционные и воспалительные заболевания. Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на проведение процедур мануальной терапии. Методом простой рандомизации пациенты были распределены в 2 группы: основную и контрольную. Пациенты получали лечение амбулаторно.

Всем пациентам проводилась оценка объема движения плечевого сустава на роботизированном биомеханическом диагностическом тренажерном комплексе с БОС CON-TREX до и после лечения.

Пациентам, включенным в основную группу, проводилась мануальная терапия с использованием мягких техник, в том числе постреципрокной релаксации (ПРР). Мягкие техники мануальной терапии включали в себя мобилизацию лопатки во всех направлениях, ПРР мышц вращательной манжеты плеча (большой и малой круглых мышц, подлопаточной мышцы, подостной и надостной мышц), артикуляция плече-лопаточного сустава в пределах амплитуды движений с постепенным ее увеличением, релаксация малой грудной мышцы, большой грудной мышцы, релаксация верхней части трапециевидной мышцы, мышцы, поднимающей лопатку, расслабление лестничных мышц, укрепление ромбовидных мышц, средней части трапециевидной мышцы, мобилизация повторяющимся движением акромиально-ключичного и

грудинно-ключичного суставов. Количество процедур – 6, с режимом дозирования 1 процедура через день, в течение 14 дней и длительностью 30 минут.

ПРР проводилась следующим образом:

- 1) предварительное растяжение мышцы-агониста в течение 5-10 с. до преднапряжения,
- 2) изометрическая работа заинтересованной мышцы с минимальной силой в течение 7-10 с.,
- 3) активная работа (концентрическое сокращение) антагониста заинтересованной мышцы с максимальным усилием в течение 7-10 секунд,
- 4) удержание достигнутого положения с растянутым агонистом в состоянии преднапряжения и укороченным неактивным антагонистом
- 5) далее – повторение пунктов 2, 3 и 4 до 3-х раз.

Пациентам из группы сравнения проводилась мануальная терапия с использованием мягких техник, в том числе постизометрическая релаксация (ПИР). Мягкие техники мануальной терапии в группе сравнения и режим их дозирования сходен с таковыми у основной группы.

ПИР проводилась следующим образом:

- 1) предварительное растяжение мышцы-агониста в течение 5-10 с. до преднапряжения,
- 2) изометрическая работа заинтересованной мышцы с минимальной силой в течение 7-10 с.,
- 3) пассивное растяжение мышцы-агониста в течение 7-10 секунд до преднапряжения,
- 4) удержание достигнутого положения с растянутым агонистом в состоянии преднапряжения и укороченным неактивным антагонистом,
- 5) далее – повторение пунктов 2, 3 и 4 до 3-х раз.

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программы MS Excel и программы StatTech v. 4.0.5 (разработчик - ООО "Статтех", Россия).

Средние значения оценивали на предмет нормального распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка. Средние значения с нормальным распределением определяли с использованием среднего арифметического (M) и стандартного отклонения (SD), 95% доверительного интервала (95% ДИ). При отсутствии нормального распределения абсолютные значения определялись с использованием медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1 – Q3). Сравнение двух групп по средним значениям и нормальному распределению, при равных дисперсиях, проводилось с использованием t-критерия Стьюдента

Исследование проводилось в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр» Минздрава России, одобрено ЛЭК ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России от 16.11.2023, протокол №12.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Был проведен анализ динамики функции «отведение до/после» в плечевом суставе в зависимости от группы наблюдения (табл. 1).

Таблица 1. Динамика функции плечевого сустава по показателю «отведение» (в градусах)

| Группа | Отведение, градусы | | | | p |
|------------|--------------------|---------------|-----------------|-----------------|----------|
| | До лечения | | После лечения | | |
| | M ± SD | 95% ДИ | M ± SD | 95% ДИ | |
| ПРР (n=10) | 69,80 ± 9,54 | 62,97 – 76,63 | 163,70 ± 10,20* | 156,40 – 171,00 | < 0,001* |
| ПИР (n=10) | 70,50 ± 10,39 | 63,06 – 77,94 | 106,00 ± 12,05* | 97,38 – 114,62 | < 0,001* |
| P | 0,877 | | < 0,001* | | – |

Примечание: * – различия показателей статистически значимы (p < 0,05)

При сравнении показателя "отведение" до лечения в плечевом суставе не выявлено статистически значимых различий (p = 0,877) между группами. После лечения в обеих группах отмечалось увеличение объема движения в плечевом суставе (p < 0,001). Однако, при сравнении показателя "отведение" после лечения в плечевом суставе выявлены существенные различия между группами: более значительное увеличение амплитуды движения между группами (p < 0,001).

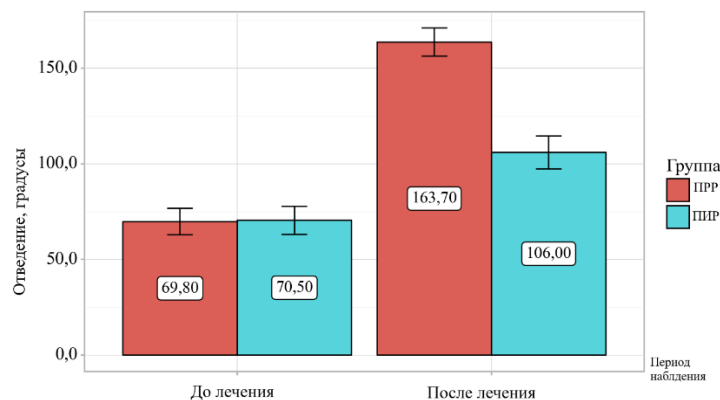


Рисунок 1. Динамика функции плечевого сустава «отведение» в группах (в градусах)

Также был выполнен анализ динамики функции плечевого сустава «сгибание» до и после лечения в группах наблюдения (табл. 2).

Таблица 2. Динамика функции плечевого сустава «сгибание» в группах (в градусах)

| Группа | Сгибание, градусы | | | | p |
|---------------|-------------------|---------------|-----------------|-----------------|----------|
| | До лечения | | После лечения | | |
| | M ± SD | 95% ДИ | M ± SD | 95% ДИ | |
| ПРР (n=10) | 70,40 ± 8,14 | 64,58 – 76,22 | 170,60 ± 7,85* | 164,99 – 176,21 | < 0,001* |
| ПИР (n=10) | 66,50 ± 8,55 | 60,38 – 72,62 | 111,30 ± 13,03* | 101,98 – 120,62 | < 0,001* |
| p | 0,310 | | < 0,001* | | – |

Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

Проведенные исследования показали, что показатели "сгибание" до лечения в плечевом суставе не отличались по группам ($p = 0,310$). После лечения в обеих группах отмечалось увеличение объема движения в плечевом суставе ($p < 0,001$). Однако, при сравнении показателя "сгибание" после лечения в плечевом суставе выявлены существенные различия между группами: более значительное увеличение амплитуды движения отмечено в основной группе ($p < 0,001$).

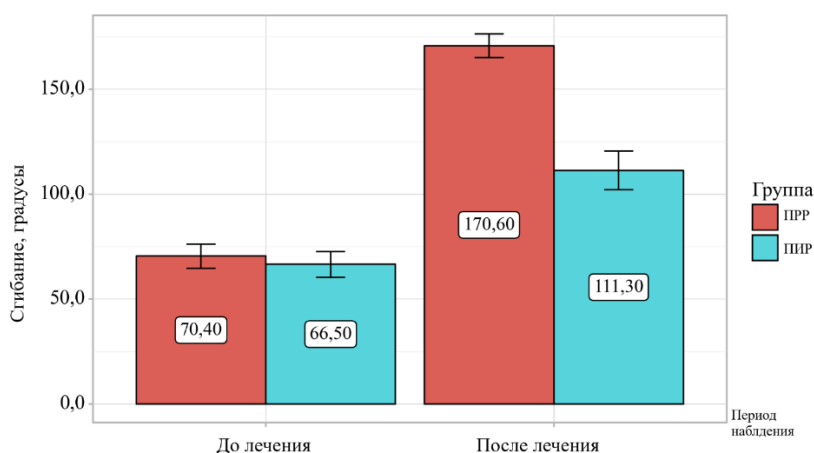


Рисунок 2. Динамика функции плечевого сустава «сгибание» в группах (в градусах)

Таким образом, при сравнении полученных результатов применения различных методик мануальной терапии, были выявлены существенные различия в показателях амплитуды движений плечевого сустава в сагиттальной и фронтальной плоскостях, отведение и сгибание, соответственно. Согласно полученным данным применение мягких мануальных техник с использованием ПРР дает больший прирост объема движения в плечевом суставе по сравнению с применением ПИР у данной категории пациентов. Отрицательной динамики и осложнений при проведении обеих методик выявлено не было.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что мануальная терапия с включением постреципрокной релаксации мышц увеличивает объем движения в плечевом суставе при посттравматических контрактурах, что уменьшает ограничения в повседневной бытовой активности. Использование в процедурах мануальной терапии ПРР более эффективно по сравнению с использованием мануальной терапии с ПИР у пациентов с посттравматическими контрактурами плечевого сустава. Использование мануальной терапии с включением постреципрокной релаксации мышц можно рекомендовать, как эффективное средство реабилитации при контрактурах после перенесенных повреждений плечевого сустава для достижения функционального объема движений в плечевом суставе.

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Яшков А. В., Поляков В. А., Шельхманова М. В., Шельхманова А. А. Эффективность роботизированной механотерапии в реабилитации пациентов с патологией плечевого сустава: рандомизированное клиническое исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2):16-24. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-16-24>.
Yashkov A.V., Polyakov V.A., Shelyhmanova M.V., Shelyhmanova A.A. The Effectiveness of Robotic Mechanotherapy in the Rehabilitation of Patients with Shoulder Joint Pathology: Randomized Clinical Trial. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2): 16-24. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-16-24> (In Russ.).
2. Самков А. С., Еремушкин М. А., Федотов Е. Ю. Алгоритм клинической диагностики и консервативного лечения патологии плечевого сустава. Вестник восстановительной медицины. 2014. 3(61): 69-74. – EDN SQIRRX.
Samkov A. S., Eremushkin M. A., Fedotov E. Yu. Algorithm for clinical diagnosis and conservative treatment of shoulder joint pathology. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2014; 3(61): 69-74.
3. Калинин Е. Б., Слияков Л. Ю., Черняев А. В., Гончарук Ю. Р., Лычагин А. В. Полиморфизм проявлений шейно-плечевого синдрома у пациентов с последствиями травм плечевого сустава и надплечья. Клинико-статистическое обоснование. Медицинский вестник Северного Кавказа. 2019; 14 (4): 590–595. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2019>
Kalinsky E. B., Slinyakov L. Yu., Chernyaev A. V., Goncharuk Yu. R., Lychagin A. V. Polymorphism of manifestations of cervical-brachial syndrome in patients with consequences of injuries to the shoulder joint and shoulder girdle. Clinical and statistical justification. Medical Bulletin of the North Caucasus. 2019; 14(4): 590–595. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2019>
4. Баширова Е.Ш., Хайрутдинова Г.И. Постреципрокная релаксация - новый эффективный метод мягкой техники мануальной терапии. Российский журнал биомеханики. 1999. 3(2): 10-11.
Bashirova, E. Sh. Postreciprocal relaxation - a new effective method of soft manual therapy technique. Russian Journal of Biomechanics. 1999. 3(2): 10-11.
5. Ульянов, И. В. Применение постизометрической и постреципрокной релаксации в реабилитации пациентов. Вестник науки. 2021. 1(34): 236-238.
Ulyanov, I. V. Application of post-isometric and post-reciprocal relaxation in the rehabilitation of patients. Bulletin of Science. 2021. 1(34): 236-238.
6. Лалаян Т. В., Андреев В. В., Баранцевич Е. Р. Миофасциальный синдром. Клинические проявления, патогенез, диагностика, лечение. Учебное пособие для врачей. Санкт-Петербург. РИЦ ПСПбГМУ. 2016.
Lalayan T.V., Andreev V.V., Barantsevich E.R. Myofascial syndrome. Clinical manifestations, pathogenesis, diagnosis, treatment. Training manual for doctors. Saint Petersburg. RIC PSPbSMU. 2016.
7. Шавловская О. А., Гордеева И. Е., Ансаров Х. Ш., Прокофьева Ю. С. Хронический болевой синдром при заболеваниях периартикулярных тканей. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2020. 120(3): 109-118. <https://doi.org/10.17116/jnevro2020120031109>.
Shavlovskaya O. A., Gordееva I. E., Ansarov Kh. Sh., Prokofieva Yu. S. Chronic pain syndrome in diseases of periarticular tissues. Journal of Neurology and Psychiatry named after. C.C. Korsakov. 2020. 120(3): 109-118. <https://doi.org/10.17116/jnevro2020120031109>.

8. Колышенков В.А., Фесюн А.Д., Яковлев М.Ю. Оценка функциональных и биомеханических нарушений в плечевом суставе: проспективное когортное исследование 119 пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча. Вестник восстановительной медицины. 2022. 21(4): 148-158. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-4-148-158>.

Kolyshenkov V.A., Fesyun A.D., Yakovlev M.Y. Evaluation of Functional and Biomechanical Deficiency in the Shoulder Joint: a Prospective Cohort Study of 119 Patients with Rotator Cuff Injury. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2022. 21 (4): 148-158. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-4-148-158>.

9. Колышенков В.А., Ответчикова Д.И., Фесюн А.Д. Анализ биомеханических нарушений у пациентов с повреждением вращательной манжеты плечевого сустава. Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2021. 2: 4-8.

Kolyshenkov V.A., Otvetchikova D.I., Fesyun A.D., Yakovlev M.Yu. Analysis of Biomechanical Disorders in Patients with Rotator Cuff Tears. Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2021. 2: 4-8.

EFFECTIVENESS OF POST-RECIPROCUS MUSCLE RELAXATION IN PATIENTS WITH SHOULDER JOINT CONTRACTURES

Mikhalev V.S., Fesyun A.D., Yurova O.V., Styazhkina E.M., Mikhaleva K.A.

Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

ABSTRACT. Introduction. The relevance of the study is due to the high prevalence and frequency of pathology of the musculoskeletal system and pathology of the shoulder joint, in particular, the increase in the number of working-age patients with damage to periarticular tissues and the shoulder joint. The main manifestations of shoulder joint dysfunction include pain, limitation of movement and disturbance of the scapulohumeral rhythm [1]. Injuries to the upper limb girdle, according to modern data, occur in 15% of all trauma cases in the practice of a traumatologist. Patients of young and working age suffer more often due to various sports, household, and road traffic injuries [3]. **Aim.** To compare the effectiveness of post-reciprocal muscle relaxation in patients with contractures of the shoulder joint with post-isometric muscle relaxation. **Materials and Methods.** A functional assessment of the shoulder joint was carried out (assessment of the range of motion in the shoulder joint using the CON-TREX device) in patients with contractures of the shoulder joint up to 6 months after the injury before the start and at the end of the course of treatment. The study involved 20 people of both sexes: men (n=14) and women (n=6). The average age of the patients was 34 ± 8 years. Using simple randomization, patients were divided into two equal groups of 10 people. The main group of patients received a course of manual therapy using post-reciprocal relaxation techniques No. 6 for 30 minutes for 14 days every other day. The comparison group received a course of manual therapy using post-isometric relaxation techniques No. 6 for 30 minutes for 14 days every other day. **Results.** As a result of the use of soft manual techniques - postreciprocal relaxation, a significant improvement in the range of motion was noted during abduction and flexion of the upper limb in the shoulder joint (abduction: from 69.80 ± 9.54 degrees to 163.70 ± 10.20 degrees; flexion: from 70.40 ± 8.14 degrees to 170.60 ± 7.85 degrees), and significantly exceeded the values in the group with post-isometric relaxation ($p < 0.05$), in which the range of motion in terms of abduction and flexion was (abduction: from 70.50 ± 10.39 degrees to 106.00 ± 12.05 degrees, flexion: from 66.50 ± 8.55 degrees to 111.30 ± 13.03 degrees). **Conclusion.** The use of manual therapy with post-reciprocal relaxation increases the range of motion in the shoulder joint with post-traumatic contracture, which allows for a significant increase in the range of motion in the shoulder joint compared to the use of manual therapy with post-isometric relaxation.

KEYWORDS: rehabilitation, shoulder joint, post-isometric relaxation, post-reciprocal relaxation, PRR, PIR, contracture, manual therapy

Сведения об авторах

Михалев Виктор Сергеевич, врач-мануальный терапевт отделения медицинской реабилитации пациентов с соматическими заболеваниями №2 ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, e-mail: vitya1903@mail.ru

Фесюн Анатолий Дмитриевич, д.м.н., доцент, и.о. директора, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

Юрова Ольга Валентиновна, заместитель директора по научной работе и образовательной деятельности, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва

Стяжкина Елена Михайловна, ведущий научный сотрудник ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-4612-5119>

Михалева Кристина Александровна, младший научный сотрудник ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, e-mail: kri_kristy@mail.ru

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 616.89; 615.82; 615.83; 615.84; 615.86

ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ МАГНИТОТЕРАПИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ КОГНИТИВНЫЕ ТРЕНИНГИ В КОМПЛЕКСНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ИШЕМИЧЕСКИЙ ИНСУЛЬТ

Кузюкова А.А.^{1*}, Пехова Я.Г.¹, Одарущенко О.И.¹, Нувахова М.Г.¹, Евлоева З.М.¹, Юрова Ю.А.², Юрова О.В.¹, Фесюн А.Д.¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ. В виду большой частоты встречаемости когнитивных нарушений у перенесших инсульт пациентов, поиск перспективных методов, направленных на их коррекцию, сохраняет актуальность. Цель исследования - оценить эффективность методов когнитивной коррекции, включающих транскраниальную магнитотерапию (ТкМт) и/или компьютерный когнитивный тренинг (КТ), проводимых на фоне базовой двигательной реабилитации у пациентов, перенесших инсульт. В исследование включен 121 пациент. Методом рандомизации пациенты разделены на 4 группы: 30 пациентов, получающих базовый реабилитационный комплекс (БК); 30 пациентов - БК+КТ; 31 пациент - БК+ ТкМт (ТкМТ), 30 пациентов - БК+ТкМт+КТ (ТкМТ+КТ). В сравнении с БК все три изучаемых метода положительно влияли на когнитивные функции пациентов, перенесших инсульт: достоверно повышались показатели по шкале МоСА и снижалось среднее время выполнения заданий по методике «Таблицы Шульте», а в группах КТ и ТкМТ+КТ также отмечалось достоверное уменьшение времени разброса выполнения отдельных заданий по методике «Таблицы Шульте». По влиянию на внимание наиболее скромные результаты зарегистрированы в группе ТкМТ. Комплекс ТкМТ+КТ оказался наиболее эффективным, превосходящим два остальных по снижению среднего времени выполнения заданий по методике «Таблицы Шульте».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: транскраниальная магнитотерапия, ТкМТ, компьютерные когнитивные тренинги, нейрореабилитация, когнитивная реабилитация, ишемический инсульт

ВВЕДЕНИЕ

Инсульт – острая социальная и медицинская проблема [1]. Постинсультные когнитивные нарушения относят к наиболее инвалидизирующим последствиям, распространённость которых по данным международных эпидемиологических исследований варьирует от 24 до 96%, что вероятнее всего, обусловлено применением различных диагностических методик [2]. При использовании наиболее

*Адрес для переписки: Кузюкова Анна Александровна, e-mail: Kuzyukovaaa@nmicrk.ru, anna_kuzyukova@mail.ru

Цитирование. Кузюкова А.А., Пехова Я.Г., Одарущенко О.И., Нувахова М.Г., Евлоева З.М., Юрова Ю.А., Юрова О.В., Фесюн А.Д. Транскраниальная магнитотерапия и компьютерные когнитивные тренинги в комплексной реабилитации пациентов, перенесших ишемический инсульт. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 55-64.

Citation: Kuzyukova A.A., Pekhova Ya.G., Odarushchenko O.I., Nuvakhova M.B., Evloeva Z.M., Yurova Yu.A., Yurova O.V., Fesyun A.D. Transcranial magnetic therapy and computer cognitive training in the comprehensive rehabilitation of patients with ischemic stroke. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 55-64.

распространённых опросников и шкал диагностика когнитивных нарушений достигает 40-60%, в случаях, когда применяются расширенные методики, направленные на оценку внимания, диагностика повышается до 90-96% [3]. Особенностью начальных проявлений когнитивной дисфункции у больных с цереброваскулярными заболеваниями является преимущественное нарушение управляющих функций мозга (скорости реагирования; удержания внимания; направленного, выборочного и разделенного внимания) [4-8]. Нарушение активного внимания и низкие показатели объема оперативной памяти имеют место у подавляющего большинства, перенесших ишемический инсульт (95% и 78% соответственно) [9,10]. Поиск эффективных методов когнитивной реабилитации, направленных в первую очередь на улучшение внимания является весьма актуальным. Компьютерные когнитивные тренинги для тренировки функции внимания являются более эффективными, в сравнении с традиционно применяемыми в реабилитации занятиями с нейропсихологом, и менее затратны [11]. Трансцеребральная магнитотерапия (ТкМТ) является широко известной физиотерапевтической методикой, широко применяемой при различных патологических состояниях [12-17]. В обзорах литературы и небольших сравнительных исследованиях упоминается о способности ТкМТ положительно влиять на когнитивные функции у пациентов с перинатальным поражением ЦНС, нейродегенеративных заболеваниях, сосудистой патологии за счет улучшения нейропластичности, стимулирования образования новых нейрональных связей [18,19] Таким образом, ТкМТ представляется перспективной методикой, вероятно способной улучшать когнитивные функции у пациентов, перенесших инсульт, и требует дальнейшего изучения.

ЦЕЛЬ

Оценка эффективности методов когнитивной коррекции, включающих транскраниальную магнитотерапию (ТкМт) и/или компьютерный когнитивный тренинг (КТ), проводимых на фоне базовой двигательной реабилитации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На базе ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России в период с 2021 по 2023гг в рамках реализуемого государственного задания «Разработка инновационной технологии и научное социально-экономическое обоснование применения программы комплексной медико-психологической реабилитации пациентов с ишемическим инсультом в санаторно-курортных учреждениях» проведено рандомизированное контролируемое исследование, направленное на разработку эффективных программ когнитивной реабилитации (одним из направлений которого явилось изучение методов, включающих транскраниальную магнитотерапию и/или компьютерный когнитивный тренинг). Набор материала осуществлялся согласно следующим критериям, включались пациенты: 1) в возрасте от 45 до 75 лет, перенесшие ОНМК по ишемическому типу в бассейне средней мозговой артерии сроком до 1 года; 2) с наличием двигательных расстройств (гемипарез) ШРМ 3-5; 4) с субъективными жалобами на нарушения памяти внимания и/или объективно определяемыми когнитивными нарушениями; 5) подписавшие добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Критериями не включения в исследования являлись: 1) Нейровизуализационные признаки опухоли мозга, артериовенозной мальформации, абсцесса мозга, аневризмы сосудов; 2) Тяжелая общесоматическая патология; 3) Острые инфекционные заболевания; 4) Психические заболевания с симптомами острого психического расстройства, шизофрения, шизотипические и бредовые расстройства, болезнь Альцгеймера, умеренная деменция, выраженные расстройства поведения и социальной адаптации - случаи, которые являются противопоказанием для пребывания условиях сан-кур лечения; 5) Эпилепсия или признаки судорожной готовности на ЭЭГ; 6) женщины в период беременности и грудного вскармливания; 7) военнослужащие; 8) злокачественные новообразования – случаи, которые являются противопоказанием для пребывания условиях сан-кур лечения; 9) постоянная форма мерцательной аритмии. Критериями исключения из исследования, были: 1) несоблюдение протокола; 2) развитие нежелательных явлений.

Изучен 121 пациент, методом рандомизации (таблица случайных чисел) распределенный в одну из 4х групп: 1 группа (Контроль) – 30 пациентов, получающих базовый реабилитационный комплекс (БК); 2 группа - 30 пациентов, получающих БК и компьютерный когнитивный тренинг (КТ); 3 группа - 31 пациент, получающих БК и трансцеребральную магнитотерапия (ТкМТ); 4 группа - 30 пациентов, получающих БК, ТкМТ и КТ (ТкМТ+КТ).

Обследование пациентов происходило в 2 этапа (в начале и в конце курса реабилитации). При первичном наблюдении все пациенты проходили комплексное общеклиническое обследование, неврологический осмотр, осмотр психотерапевта и медицинского психолога, а так же при помощи врача-исследователя заполнялись следующие опросники: Индекс мобильности Ривермид (Rivermead mobility index), 6-балльная шкалы оценки мышечной силы (по L. McPeak, 1996; M. Вейсс, 1986), модифицированная шкала спастичности Эшфорта (Modified Ashworth Scale for Grading Spasticity, modified Bohannon and Smith) Шкала баланса Берг (Berg Balans Scale); Индекс активности повседневной жизни Бартела (IB), Шкала качества жизни при инсульте (SS-QOL), Госпитальная шкала тревоги и депрессии (HADS), Шкалы депрессии Бека; Монреальская шкала оценки когнитивных функций (МОСА), Опросник мини-исследования

когнитивного состояния (MMSE); Методика «Таблицы Шульте» (учитывались среднее время выполнения отдельных заданий и разброс времени между выполнением отдельных заданий).

Базовый реабилитационный комплекс, включал групповую лечебную гимнастику, локальные вихревые ванны для конечностей; низкоинтенсивную лазеротерапию при заболеваниях нервной системы, общую магнитотерапию; массаж паретичной конечности, статокинетические нагрузки с использованием технологии БОС, роботизированную механотерапию.

Компьютерные когнитивные тренинги проводились на системе RehaCom, Hasomed. Использовали программы, направленные на тренировку активного внимания и бдительности. Время проведения процедуры - 30 минут, курс включал 10-12 процедур, которые проводились непрерывно, либо по 5 дней подряд с перерывами на выходные дни.

Трансцеребральная магнитотерапия (ТкМТ) проводилась с помощью аппарата «Диамат» по программе № 1: воздействие «бегущим» магнитным полем на мозговые структуры в режиме: амплитуда магнитной индукции 10 мТл. Частота воздействия от 1 до 5 имп./с; время экспозиции – 20 минут. Процедуры проводились по 5 дней в неделю, курс 10 процедур.

Все пациенты в период исследования находились в условиях круглосуточного стационара с ежедневным наблюдением врача-исследователя. После окончания курса лечения все пациенты повторно осматривались врачом-исследователем (неврологический статус), врачом-психотерапевтом и медицинским психологом с заполнением опросников, аналогичных, что и на начальном этапе. Оценка эффективности проведенного лечения базировалась на результатах клинико-неврологического осмотра врачом-неврологом, клинико-психопатологического обследования врачом-психотерапевтом и психологического тестирования медицинским психологом, суммарного количества баллов по каждому из предложенных опросников и шкал.

Статистический анализ проводился при помощи программы StatTech v. 2.8.8 (разработчик - ООО "Статтех", Россия).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка исходных показателей в группах

Анализ клинико-демографических показателей не выявил достоверных различий по полу, возрасту и уровню образования и локализации очага поражения между изучаемыми группами пациентов (см. Таблицу 1).

Таблица 1. Демографические показатели и локализация очага поражения у исследуемых групп пациентов

| Группа/демографические показатели | пол | | Возраст, лет/ Me [Q ₁ – Q ₃] | образование | | бассейн поражения | |
|-----------------------------------|--------------------|---------------|--|--------------------|-----------|--------------------|------------|
| | Мужской, n(%) | Женский, n(%) | | высшее | среднее | ПСМА, n(%) | ЛСМА, n(%) |
| Контроль (n=30) | 20 (66,7) | 10 (33,3) | 60,50 [54,25 – 66,75] | 9 (30,0) | 21 (70,0) | 17 (56,7) | 13 (43,3) |
| КТ(n=30) | 21 (70,0) | 9 (30,0) | 63,50 [58,00 – 71,75] | 13 (43,3) | 17 (56,7) | 17 (56,7) | 13 (43,3) |
| ТкМТ(n=31) | 26 (83,9) | 5 (16,1) | 63,00 [57,50 – 68,50] | 14 (45,2) | 17 (54,8) | 14 (45,2) | 17 (54,8) |
| ТкМТ+КТ(n=30) | 25 (83,3) | 5 (16,7) | 61,50 [60,00 – 66,00] | 11 (36,7) | 19 (63,3) | 13 (43,3) | 17 (56,7) |
| p | 0,505 [^] | | 0,571 ^{^^} | 0,756 [^] | | 0,349 [^] | |

Примечание: [^]- используемый метод: Хи-квадрат Пирсона; ^{^^}- используемый метод: Критерий Краскела-Уоллиса; где: Контроль – контрольная группа, получающая базовую терапию (БТ); КТ- группа, получающая БТ+ когнитивные тренинги; ТкМТ- группа, получающая БТ+трансцеребральная магнитная терапия (ТкМТ), ТкМТ+КТ – группа, получающая БТ+ТкМТ+КТ; ПСМА- правая среднемозговая артерия; ЛСМА - левая среднемозговая артерия

В неврологическом статусе пациентов исследуемых групп, выявлялись незначительные (не достигающие статистической значимости) межгрупповые различия по Индексу мобильности Ривермид, Шкале спастичности Эшворта, Визуально-аналоговой шкале боли, 6-балльной шкалы оценки мышечной силы (в руке); Шкале баланса Берга, Индексу повседневной активности Бартела (см. Таблица 2)

Таблица 2. Исходные показатели неврологического состояния в группах

| Группа/шкалы оценки неврологического состояния | Контроль(n=30) | КТ(n=30) | ТкМТ(n=31) | ТкМТ+КТ(n=30) | p |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| Ривермид, баллы/ Ме [Q ₁ – Q ₃] | 11,00 [10,00 – 13,75] | 11,00 [10,00 – 12,75] | 11,00 [8,00 – 13,50] | 9,00 [8,00 – 13,00] | 0,125 [^] |
| Ашворт, баллы/ Ме [Q ₁ – Q ₃] | 1,00 [0,00 – 1,75] | 1,00 [0,00 – 1,00] | 0,00 [0,00 – 1,00] | 1,00 [0,00 – 1,75] | 0,077 [^] |
| ВАШ, баллы/ Ме [Q ₁ – Q ₃] | 2,00 [0,00 – 3,75] | 4,00 [0,00 – 5,00] | 3,00 [0,00 – 5,00] | 4,00 [0,00 – 5,00] | 0,617 [^] |
| Мышечная сила, баллы/ Ме [Q ₁ – Q ₃] | 4,00 [3,00 – 4,00] | 3,00 [3,00 – 4,00] | 3,50 [3,00 – 4,00] | 3,00 [3,00 – 4,00] | 0,769 [^] |
| Berg Balans, баллы/ Ме [Q ₁ – Q ₃] | 43,00 [33,25 – 48,00] | 43,00 [35,25 – 48,00] | 44,00 [35,50 – 49,00] | 40,00 [30,00 – 48,00] | 0,882 [^] |
| Бартел, баллы/ Ме [Q ₁ – Q ₃] | 75,00 [70,00 – 80,00] | 75,00 [71,25 – 80,00] | 75,00 [75,00 – 82,50] | 80,00 [75,00 – 85,00] | 0,781 [^] |

Примечание: [^] - используемый метод: Критерий Краскела–Уоллиса; где: Контроль – контрольная группа, получающая базовую терапию (БТ); КТ- группа, получающая БТ+ когнитивные тренинги; ТкМТ - группа, получающая БТ+трансцеребральная магнитная терапия (ТкМТ), ТкМТ+КТ – группа, получающая БТ+ТкМТ+КТ; Ривермид -индекс мобильности Ривермид (max-15баллов); Эшворт - Модифицированная шкала спастичности Эшфорта (норма -0 баллов); ВАШ- визуально-аналоговая шкала боли (0- боли нет, 10 - боль нетерпимая); Мышечная сила -6-ти бальная шкала оценки мышечной силы (норма – 6 баллов); Шкала Берг– шкала баланса Берг (41–56 баллов - низкий риск падения; 21–40 баллов- средний риск падения; 0–20 баллов - высокий риск падения); Бартел - индекс активности повседневной жизни Бартела (Barthel's index) (max-100 баллов)

Пац

иенты исследуемых групп достоверно не различались по уровню оценки Качества жизни (SS-QOL) (см. Таблица 3). По Госпитальной шкале тревоги (HADS) в группах ТкМТ и ТкМТ+КТ имели место более низкие (оптимальные), по сравнению с группами Контроль и КТ показатели, где они достигали верхней границы нормы (норма 0-7, 9-8- субклиническая тревога). В тоже время статистически достоверных межгрупповых различий установлено не было. По Госпитальной шкале депрессии (HADS) достоверных межгрупповых отличий не выявлено. По шкале депрессии Бека в группах Контроль и КТ средние показатели соответствовали нижней границе нормы (норма от 0 до 9 баллов), а в группах ТкМТ и КТ+ТкМТ - легкому уровню депрессии (10-15 баллов - легкая депрессия), в тоже время статистически достоверных межгрупповых различий установлено не было (см. Таблица 3).

Таблица 3. Исходные показатели качества жизни и эмоционального фона в группах

| Группа/шкала | Контроль(n=30) | КТ(n=30) | ТкМТ(n=31) | ТкМТ+КТ(n=30) | p |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| SS-QOL, баллы/ Ме [Q ₁ – Q ₃] | 182,50 [169,25 – 199,25] | 182,50 [169,25 – 199,25] | 170,00 [157,00 – 197,00] | 177,00 [166,00 – 200,50] | 0,229 [^] |
| HADS, тревога, баллы/ Ме [Q ₁ – Q ₃] | 7,00 [5,00 – 8,00] | 7,00 [5,00 – 8,00] | 5,00 [3,00 – 8,00] | 4,50 [3,00 – 6,75] | 0,248 [^] |
| HADS, депрессия, баллы/ Ме [Q ₁ – Q ₃] | 7,00 [5,00 – 7,75] | 7,00 [5,00 – 7,75] | 7,00 [4,00 – 8,50] | 6,00 [4,00 – 8,00] | 0,248 [^] |
| Шкала Бека, баллы/ Ме [Q ₁ – Q ₃] | 9,00 [6,00 – 12,75] | 9,00 [6,00 – 12,75] | 10,00 [7,00 – 15,00] | 10,00 [8,25 – 13,75] | 0,617 [^] |

Примечание: [^] используемый метод: Критерий Краскела–Уоллиса;

Во всех группах уровень когнитивных расстройств по Шкале MMSE соответствовал легким когнитивным нарушениям (30-28баллов - норма, 27-23балла - легкие когнитивные нарушения), по Шкале MoCa диагностировались когнитивные нарушения (30-26 баллов – норма; < 26 баллов - когнитивные нарушения) (см. Таб.4). По Методике «Таблицы Шульте» группы не различались по среднему времени выполнения заданий, которое во всех группах превышало нормативные референсные значения (норма до 40-50секунд); а величина разброса времени выполнения отдельных заданий была больше 15секунд и свидетельствовала о неустойчивости - флюктуации внимания (см. Таблица 4).

Таблица 4. Исходные показатели когнитивных функций по группам

| Группа/шкала | Контроль(n=30) | КТ(n=30) | ТкМТ(n=31) | ТкМТ+КТ(n=30) | p |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| MMSE | 27,50 [25,00 – 29,00] | 27,00 [26,00 – 28,00] | 26,00 [25,00 – 28,00] | 27,00 [25,25 – 29,00] | 0,577^ |
| MoCa | 25,00 [22,25 – 26,00] | 23,00 [20,25 – 24,00] | 23,00 [20,50 – 25,00] | 24,00 [22,00 – 26,00] | 0,108^ |
| Шульте среднее, секунды | 56,70 [43,75 – 83,35] | 56,70 [47,45 – 80,90] | 56,00 [41,20 – 92,60] | 59,40 [46,05 – 80,05] | 0,973^ |
| Шульте разброс, секунды | 21,50 [12,00 – 32,00] | 24,00 [16,00 – 34,75] | 22,00 [15,50 – 41,50] | 21,50 [14,75 – 39,50] | 0,811^ |

Примечание: ^ используемый метод: Критерий Краскела–Уоллиса

Исследуемые группы были исходно сопоставимы по полу, возрасту, уровню образования, локализации очага поражения, степени неврологического дефицита и когнитивных нарушений. Тогда как по выраженности тревожной и депрессивной симптоматики имели место различия (более выраженные показатели тревоги были в группах Контроль и КТ, а более выраженные показатели депрессии по шкале Бека в группах ТкМТ и ТкМТ+КТ), не достигающие статистической значимости.

Динамика клинических показателей в исследуемых группах на фоне проведенных реабилитационных мероприятий

Сравнение исследуемых показателей в начале и в конце реабилитации внутри каждой группы выявило достоверное улучшение по всем используемым шкалам, оценивающим неврологический профиль. Выявленная положительная динамика сопоставима с данными клинического осмотра, что свидетельствует о положительном влиянии применявшихся методов реабилитации на выраженность двигательных нарушений и выраженность боли (см.Таблица 4).

Таблица 4. Динамика неврологических показателей в группах до и после реабилитации

| Группа/шкала | Контрольная группа (n=30) | | КТ(n=30) | | ТкМТ(n=31) | | ТкМТ+КТ(n=30) | | p |
|----------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------|
| | до | после | до | после | до | после | до | после | |
| Ривермид, баллы | 11,00[10,00 – 13,75] | 13,00[11,00 – 14,00]* | 11,00 [10,00– 12,75] | 12,00 [11,00 – 13,00]* | 11,00 [8,00 – 13,50] | 11,00 [9,00 – 14,00]* | 9,00[8,00 – 13,00] | 10,50 [9,25 – 14,00]* | < 0,001*^ |
| Ашворт, баллы | 1,00 [0,00 – 1,75] | 0,50 [0,00 – 1,00] | 1,00 [0,00 – 1,00] | 0,50 [0,00 – 1,00] | 0,00 [0,00 – 1,00] | 0,00 [0,00 – 1,00] | 1,00 [0,00 – 1,75] | 0,00 [0,00 – 1,00]* | < 0,05*^ |
| ВАШ, баллы | 2,00 [0,00 – 3,75] | 0,00 [0,00 – 2,75]* | 4,00 [0,00 – 5,00] | 2,50 [0,00 – 4,75]* | 3,00 [0,00 – 5,00] | 1,00 [0,00 – 3,50]* | 4,00 [0,00 – 5,00] | 0,50 [0,00 – 2,00]* | < 0,05*^ |
| Мышечная сила, баллы | 4,00 [3,00 – 4,00] | 4,00 [3,00 – 4,00]* | 3,00 [3,00 – 4,00] | 4,00 [3,12 – 4,00]* | 3,50 [3,00 – 4,00] | 4,00 [4,00 – 4,00]* | 3,00 [3,00 – 4,00] | 4,00 [3,50 – 4,00]* | < 0,05*^ |
| Berg Balans, баллы | 43,00 [33,25 – 48,00] | 42,00 [33,00 – 50,00]* | 43,00 [35,25 – 48,00] | 46,00 [38,00 – 50,00]* | 44,00 [35,50 – 49,00] | 50,00 [38,50 – 51,00]* | 40,00 [30,00 – 48,00] | 42,00 [32,00 – 50,00]* | < 0,001*^ |
| Барте, баллы | 75,00 [70,00 – 80,00] | 85,00 [80,00 – 90,00]* | 75,00 [71,25 – 80,00] | 85,00 [80,00 – 85,00]* | 75,00 [75,00 – 82,50] | 85,00 [80,00 – 90,00]* | 80,00 [75,00 – 85,00] | 85,00 [80,00 – 90,00]* | < 0,001*^ |

Примечание: ^используемый метод: Критерий Уилкоксона; * p < 0,05– различия показателей в группе до и после лечения статистически значимы

После проведенных реабилитационных мероприятий во всех изучаемых группах имела место положительная динамика по шкале качества жизни, носящая статистически значимый характер ($p < 0,001$). Тогда как по госпитальной шкале тревоги достоверные положительные результаты, свидетельствующие о снижении уровня тревоги, были получены только в группах Контроль и КТ, а в группах ТкМТ и КТ+ТкМТ оставались без динамики. По госпитальной шкале депрессии в группах Контроль и КТ отмечалась положительная динамика, которая не достигла статистической значимости; в группе ТкМТ показатель оставался без динамики, а в группе ТкМТ+КТ имело место повышение уровня депрессии по баллам, что клинически обуславливалось усилением депрессивной симптоматики у ряда обследуемых пациентов. По шкале депрессии Бека отчетливая положительная динамика, достигающая статистической значимости, имела место в группах Контроль и КТ, тогда как в группах ТкМТ и ТкМТ+КТ (в которых данный показатель изначально был несколько выше, чем первых двух группах) несмотря на имеющуюся положительную динамику статистической достоверности получено не было (см.Таб.5). Полученные результаты, с одной стороны, могут свидетельствовать об отсутствии положительного влияния ТкМТ на эмоциональный фон у пациентов, перенесших инсульт, что не согласуется с приводимыми ранее литературными данными [12-15]. С другой стороны, в виду изначально более низких показателей уровня тревоги и более высокого уровня депрессии у пациентов, получающих ТкМТ и ТкМТ+КТ, отсутствие отчетливой положительной динамики от ТкМТ может обуславливаться, тем что нельзя улучшить уже и так оптимальный уровень тревоги, тогда как в случаях клинической депрессии данный метод может быть недостаточно эффективным в качестве монотерапии и требовать дополнительного специализированного вмешательства для коррекции депрессивного состояния.

Таблица 5. Динамика показателей качества жизни и эмоционального состояния в группах

| Группа /шкала | Контрольная группа (n=30) | | КТ(n=30) | | ТкМТ(n=31) | | ТкМТ+КТ(n=30) | | p |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------|
| | до | после | до | после | до | после | до | после | |
| Качество жизни, SS-QOL, баллы | 182,50 [169,25 – 199,25] | 199,50 [186,00 – 214,75]* | 182,50 [169,25 – 199,25] | 199,50 [186,00 – 214,75]* | 177,00 [166,00 – 200,50] | 199,00 [169,50 – 222,50] | 177,00 [166,00 – 200,50]* | 199,50 [173,00 – 217,75]* | < 0,001*^ |
| НАДС, тревога | 7,00 [5,00 – 8,00] | 6,00 [4,25 – 7,00]* | 7,00 [5,00 – 8,00] | 6,00 [4,25 – 7,00]* | 5,00[3,00 – 8,00] | 5,00 [3,50 – 7,50] | 4,50 [3,00 – 6,75] | 4,00 [3,00 – 6,75] | < 0,05*^ |
| НАДС, депрессия | 7,00 [5,00 – 7,75] | 5,50 [4,00 – 7,00] | 7,00 [5,00 – 7,75] | 5,50 [4,00 – 7,00] | 7,00 [4,00 – 8,50] | 7,00 [4,50 – 7,50] | 6,00 [4,00 – 8,00] | 6,50 [4,00 – 9,00] | > 0,05 ^ |
| Шкала Бека | 9,00 [6,00 – 12,75] | 7,00 [5,00 – 10,75]* | 9,00 [6,00 – 12,75] | 7,00 [5,00 – 10,75]* | 10,00 [7,00 – 15,00] | 8,00 [6,00 – 14,00] | 10,00 [8,25 – 13,75] | 9,00 [6,00 – 19,50] | < 0,05*^ |

Примечание: ^используемый метод: Критерий Уилкоксона; * $p < 0,05$ – различия показателей в группе до и после лечения статистически значимы

По шкале MMSE во, всех группах, кроме Контроль, имела место положительная динамика, достигающая статистической значимости лишь в группе КТ ($p < 0,05$). По Шкале МоСа статистически достоверные показатели, свидетельствующие об улучшении когнитивных функций получены во всех трех группах, где дополнительно применялись КТ и/или ТкМТ. По показателю среднее время выполнения заданий по методике «Таблицы Шульте» отчетливая положительная динамика, свидетельствующая об улучшении скорости реагирования, присутствовала в группах КТ, ТкМТ и ТкМТ+КТ, причём в последней она имела наибольшую выраженность. Также в группе ТкМТ+КТ регистрировалось наиболее выраженное сокращение среднего времени выполнения заданий по Методике «Таблицы Шульте». Если в Группе ТкМТ к концу реабилитации оно сократилось крайне незначительно, в группе КТ - на 4 секунды, то в группе ТкМТ+КТ оно сократилось более, чем на 8 секунд, что в два раза больше в сравнении с группой КТ). По показателю разброс времени реакций между выполнением отдельных заданий по Методике «Таблицы Шульте», отчетливое снижение, свидетельствующее о повышении устойчивости внимания, произошло только в группах в группах КТ и ТкМТ+КТ. (см.Таб.6.)

Таблица 6. Динамика показателей когнитивных функций в группах

| Группа/ шкала | Контроль (n=30) | | КТ(n=30) | | ТкМТ(n=31) | | ТкМТ+КТ(n=30) | | p |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------|
| | до | после | до | после | до | после | до | после | |
| MMSE | 27,50 [25,00 – 29,00] | 26,50 [26,00 – 29,00] | 27,00 [26,00 – 28,00] | 28,00 [26,00 – 28,00]* | 26,00 [25,00 – 28,00] | 27,00 [25,00 – 28,00] | 27,00 [25,25 – 29,00] | 28,00 [26,00 – 29,00] | < 0,05*^ |
| MoCa | 25,00 [22,25 – 26,00] | 25,00 [23,00 – 27,00] | 23,00 [20,25 – 24,00] | 25,00 [24,00 – 26,75]* | 23,00 [20,50 – 25,00] | 23,00 [22,00 – 27,00]* | 24,00 [22,00 – 26,00] | 26,00 [24,00 – 28,00]* | < 0,05*^ |
| Шульте среднее, секунды | 56,70 [43,75 – 83,35] | 53,60 [41,95 – 78,70] | 56,70 [47,45 – 80,90] | 52,85 [44,35 – 76,10]* | 56,00 [41,20 – 92,60] | 56,20 [40,50 – 79,80]* | 59,40 [46,05 – 80,05] | 51,30 [39,90 – 71,10]** | < 0,05*, 0,01**^ |
| Шульте разброс, секунды | 21,50 [12,00 – 32,00] | 21,50 [13,25 – 40,50] | 24,00 [16,00 – 34,75] | 17,00 [16,00 – 27,75]* | 22,00 [15,50 – 41,50] | 24,00 [13,50 – 44,50] | 21,50 [14,75 – 39,50] | 16,50 [10,25 – 24,75]* | < 0,05*^ |

Примечание: ^используемый метод: Критерий Уилкоксона; *p < 0,05, ** p < 0,001 – различия показателей в группе до и после лечения статистически значимы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования установлено, что все изучаемые реабилитационные методики с дополнительным применением компьютерных когнитивных тренингов и/или трансцеребральной магнитотерапии, наравне базовым комплексом (направленным на устранение двигательного дефицита) положительно влияют на двигательные функции, выраженность боли и качество жизни, у пациентов, перенесших инсульт.

Все изучаемые методики (КТ, ТкМТ, ТкМТ+КТ) показали положительное влияние на когнитивные функции пациентов, что подтверждается достоверным улучшением показателей по шкале MoCa и среднему времени выполнения заданий по методике «Таблицы Шульте». В последнем случае комплекс КТ+ТкМТ имеет явное преимущество в виде отчетливого сокращения среднего времени выполнения заданий более чем на 10%, тогда как при изолированном использовании КТ и ТкМТ данный показатель был значимо ниже. По показателю Разброс времени выполнения заданий по методике «Таблицы Шульте», положительные результаты, свидетельствующие о повышении устойчивости внимания получены только в группах, где применялись КТ и комплекс ТкМТ+КТ.

Таким образом, в проведенном исследовании подтвердилась эффективность компьютерных когнитивных тренингов в коррекции когнитивных нарушений, в том числе улучшении внимания (повышение скорости реагирования и устойчивости внимания) у пациентов, перенесших инсульт. Трансцеребральная магнитотерапия в изолированном применении способна оказывать положительное влияние на когнитивные функции у пациентов после инсульта, в том числе улучшать внимание (скорость реагирования, но не устойчивость), однако данные результаты, в сравнении с компьютерными когнитивными тренингами являются более скромными. Комплексное применение компьютерных когнитивных тренингов и трансцеребральной магнитотерапии имеет явное преимущество по способности положительного воздействия на функцию внимания (скорость реагирования) у пациентов с постинсультными когнитивными нарушениями.

Источник финансирования исследование проведено на базе ФГБУ «НМИЦ РК» в рамках реализуемого Государственного задания 2021-2023гг «Разработка инновационной технологии и научное социально-экономическое обоснование применения программы комплексной медико-психологической реабилитации пациентов с ишемическим инсультом в санаторно-курортных учреждениях»

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. GBD 2016 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Neurol.* 2019 May;18(5):439-458. doi: 10.1016/S1474-4422(19)30034-1. Epub 2019 Mar 11. PMID: 30871944; PMCID: PMC6494974.
2. Захаров В.В., Вахнина Н.В. Инсульт и когнитивные нарушения. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика.* 2011; 3(2): 8–16. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2011-141>.

- Zakharov V.V., Vakhnina N.V. Stroke and cognitive disorders. *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2011; 3(2):8-16. (In Russ.) <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2011-141>
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. (In Russ.) <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2019-4-22-27>
4. Korczyn AD, Brainin M, Guekht A. Neuroprotection in ischemic stroke: what does the future hold? *Expert Rev Neurother*. 2015 Mar;15(3):227-9. doi: 10.1586/14737175.2015.1014806. PMID: 25708307.
5. Яхно Н.Н., Захаров В.В. Сосудистые когнитивные расстройства. *РМЖ*. 2005; 12:789. URL: https://www.rmj.ru/articles/obshchie-stati/Sosudistye_kognitivnye_rasstroystva/ (дата обращения 20.06.23)
- Yakhno N.N., Zakharov V.V. Vascular cognitive disorders. *RMJ*. 2005; 12:789. URL: https://www.rmj.ru/articles/obshchie-stati/Sosudistye_kognitivnye_rasstroystva/ (date accessed 06/20/23)
6. Яхно Н.Н. Легкие и умеренные когнитивные расстройства при дисциркуляторной энцефалопатии. *Клиническая геронтология*. 2005; Т. 11 (9): 38-39. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_9084585_83630044.pdf (дата обращения 20.06.23)
- Yakhno N.N. Mild and moderate cognitive impairment in dyscirculatory encephalopathy. *Clinical gerontology*. 2005; Т. 11 (9): 38-39. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_9084585_83630044.pdf (access date 06/20/23)
7. Reed BR, Mungas DM, Kramer JH, Ellis W, Vinters HV, Zarow C, Jagust WJ, Chui HC. Profiles of neuropsychological impairment in autopsy-defined Alzheimer's disease and cerebrovascular disease. *Brain*. 2007 Mar;130(Pt 3):731-9. doi: 10.1093/brain/awl385. Epub 2007 Jan 31. PMID: 17267522.
- Reed BR, Mungas DM, Kramer JH, Ellis W, Vinters HV, Zarow C, Jagust WJ, Chui HC. Profiles of neuropsychological impairment in autopsy-defined Alzheimer's disease and cerebrovascular disease. *Brain*. 2007 Mar;130(Pt 3):731-9. doi: 10.1093/brain/awl385. Epub 2007 Jan 31. PMID: 17267522.
8. The LADIS Study Group; Poggesi A, Pantoni L, Inzitari D, Fazekas F, Ferro J, O'Brien J, Hennerici M, Scheltens P, Erkinjuntti T, Visser M, Langhorne P, Chabriat H, Waldemar G, Wallin A, Wahlund A. 2001-2011: A Decade of the LADIS (Leukoaraiosis And DISability) Study: What Have We Learned about White Matter Changes and Small-Vessel Disease? *Cerebrovasc Dis*. 2011;32(6):577-588. doi: 10.1159/000334498. Epub 2011 Dec 1. PMID: 22277351.
9. Кузюкова А.А., Рачин А.П., Одарущенко О.И., Нувахова М.Б., Романенко Д.Н., Евлоева З.М. Функция активного внимания у пациентов в позднем восстановительном периоде ишемического инсульта. XX юбилейный Всероссийский Форум «Здравница-2021». Стратегическое значение курортов России в сохранении и восстановлении здоровья населения. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2021;98(3-2):104. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/voprosy-kurortologii-fizioterapii-i-lechebnoj-fizicheskoy-kultury/2021/3/downloads/ru/1004287872021032021> (дата обращения: 10.01.2024).
- Kuzuykova A.A., Rachin A.P., Odarushchenko O.I., Nuvakhova M.B., Romanenko D.N., Evloeva Z.M. Function of active attention in patients in the late recovery period of ischemic stroke. XX Jubilee All-Russian Forum "Zdravnitsa-2021". Strategic Importance of Russian Resorts in Preserving and Restoring the Health of the Population. *Voprosy kurortologii, fizioterapii, i lechebnoi fizicheskoi kultury*. 2021;98(3-2):104. (In Russ.)
10. Кузюкова А.А., Рачин А.П., Одарущенко О.И., Нувахова М.Б., Романенко Д.Н., Евлоева З.М. Объем краткосрочной памяти у пациентов в позднем восстановительном периоде ишемического инсульта XX юбилейный Всероссийский Форум «Здравница-2021». Стратегическое значение курортов России в сохранении и восстановлении здоровья населения. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2021;98(3-2):104-105 URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/voprosy-kurortologii-fizioterapii-i-lechebnoj-fizicheskoy-kultury/2021/3/downloads/ru/1004287872021032021> (дата обращения: 10.01.2024).
- Kuzuykova A.A., Rachin A.P., Odarushchenko O.I., Nuvakhova M.B., Romanenko D.N., Evloeva Z.M. The volume of short-term memory in patients in the late recovery period of ischemic stroke. XX Jubilee All-Russian Forum "Zdravnitsa-2021". Strategic Importance of Russian Resorts in Preserving and Restoring the Health of the Population. *Voprosy kurortologii, fizioterapii, i lechebnoi fizicheskoi kultury*. 2021;98(3-2):104-105. (In Russ.) URL:
11. Безденежных А.Ф. Коррекция когнитивных функций с использованием компьютерных стимулирующих программ и классической нейропсихологической реабилитации у больных, перенесших инсульт. Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. Томск, 2019. 24 с.
- Bezdenezhnykh A.F. Correction of cognitive functions using computer stimulation programs and classical neuropsychological rehabilitation in patients with stroke. Abstract of dissertation. for the degree of Candidate of Medical Sciences. Tomsk, 2019. 24 p.
12. Горяев А.Г., Кулишова Т.В. Результаты катамнестического исследования качества сна и качества жизни больных с хронической инсомнией после комплексного санаторно-курортного лечения с включением транскраниальной магнитотерапии // *Вестник физиотерапии и курортологии*. 2020. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-katamnestichekogo-issledovaniya-kachestva-sna-i-kachestva-zhizni-bolnyh-s-hronicheskoy-insomniey-posle-kompleksnogo> (дата обращения: 10.01.2024).
- Goryaev A.G., Kulishova T.V. Results of a follow-up study of the quality of sleep and quality of life of patients with chronic insomnia after comprehensive sanatorium treatment including transcranial magnetotherapy // *Bulletin of Physiotherapy and Balneology*. 2020. No. 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-katamnestichekogo-issledovaniya-kachestva-sna-i-kachestva-zhizni-bolnyh-s-hronicheskoy-insomniey-posle-kompleksnogo> (date of access: 01/10/2024).
13. Горяев А.Г., Кулишова Т.В. Оптимизация комплексного санаторно-курортного лечения больных с хронической инсомнией путем включения транскраниальной магнитотерапии. *Вестник восстановительной медицины*. 2021; 20 (2): 118-125. URL: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-2-118-125> (дата обращения: 10.01.2024).
- Goryaev A.G., Kulishova t.V. Optimization of Complex Sanatorium-resort treatment of patients with Chronic Insomnia by Including transcranial Magnetic therapy. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2021; 20 (2): 118-125. URL: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-2-118-125> (access date: 01/10/2024).

14. Назарова Е.В. Транскраниальная магнитотерапия в санаторно-курортном лечении пограничных психических расстройств у матерей, воспитывающих детей, больных церебральным параличом /автореферат дис. ... кандидата медицинских наук / Мед. акад. им. С.И. Георгиевского. Симферополь, 2017.
Nazarova E.V. Transcranial magnetic therapy in sanatorium-resort treatment of borderline mental disorders in mothers raising children with cerebral palsy / abstract of thesis. ... candidate of medical sciences / Med. acad. them. S.I. Georgievsky. Simferopol, 2017.
15. Крадинова Е.А., Мошкова Е.Д., Назарова Е.В. Эффективность дифференцированного применения физиобальнеотерапии при пограничных психических расстройствах у матерей детей с церебральным параличом. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2019;96(3):16-24.
<https://doi.org/10.17116/kurort20199603116>
Kradinova EA, Moshkova ED, Nazarova EV. Éffektivnost' differentsirovannogo primeneniia fiziobal'neoterapii pri pogranichnykh psikhicheskikh rasstroistvakh u materei detei s tsebral'nym paralichom. Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult. 2019;96(3):16-24. Russian. doi: 10.17116/kurort20199603116. PMID: 31329185.
16. Беньков А.А., Нагорнев С.Н., Фролков В.К. Эффективность сочетанного применения транскраниальной магнитотерапии и импульсного низкочастотного электростатического поля в коррекции нарушений углеводного и липидного видов обмена. Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2022. 1: 63-74.
Benkov A.A., Nagornev S.N., Frolkov V.K. Efficiency of the combined application of transcranial magnetotherapy and pulsed low-frequency electrostatic field in correction of disorders carbohydrate and lipid metabolism Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2022. 1: 63-74.
17. Абдурахманова Р.З., Никонорова М.В. Ближайшие и отдаленные результаты терапии пациентов с артериальной гипертензией с помощью транскраниальной магнитотерапии. Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2022. 3: 61-74.
Abdurakhmanova R.Z., Nikonorova M.V. Short-term and long-term results of treatment of patients with arterial hypertension using transcranial magnetic therapy. Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2022. 3: 61-74.
18. Киспаева ТТ. Физиотерапевтическая коррекция когнитивных нарушений в клинике нервных болезней // Медицина и экология. 2009. №3 (52). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fizioterapevticheskaya-korreksiya-kognitivnyh-narusheniy-v-klinike-nervnyh-bolezney> (дата обращения: 11.01.2024).
Kispaeva TT. Physiotherapeutic correction of cognitive impairment in the clinic of nervous diseases. Medicine and ecology. 2009; 52(3): 9-14. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fizioterapevticheskaya-korreksiya-kognitivnyh-narusheniy-v-klinike-nervnyh-bolezney> (дата обращения: 11.01.2024).
19. Яковлева ЕП, Гребенникова ВВ, Арнаутова ЕН, Кутовая СД, Цыганкова ТН. Возможности транскраниальной магнитотерапии, транскраниальной электростимуляции и цветоритмотерапии в лечении психоэмоциональных и когнитивных нарушений у больных с хронической цереброваскулярной недостаточностью. В сборнике: Профессиональное здоровье и трудовое долголетие. Материалы Международной научно-практической конференции. 2018:205-208. DOI: 10.17187/9T02-3527.97 eLIBRARY ID: 35264695
Yakovleva EP, Grebennikova VV, Arnautova EN, Kutovaya SD, Tsygankova TN. Possibilities of transcranial magnetic therapy, transcranial electrical stimulation and color rhythm therapy in the treatment of psycho-emotional and cognitive disorders in patients with chronic cerebrovascular insufficiency. In the collection: Professional health and working longevity. Materials of the International Scientific and Practical Conference. 2018:205-208. DOI: 10.17187/9T02-3527.97 eLIBRARY ID: 35264695

TRANSCRANIAL MAGNETIC THERAPY AND COMPUTER COGNITIVE TRAINING IN THE COMPREHENSIVE REHABILITATION OF PATIENTS WITH ISCHEMIC STROKE

Kuzyukova A.A.¹, Pekhova Ya.G.¹, Odarushchenko O.I.¹, Nuvakhova M.B.¹, Evloeva Z.M.¹, Yurova Yu.A.²,
Yurova O.V.¹, Fesyun A.D.¹

¹ Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology,
Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

² Moscow State Medical and Dental University named after A.I. Evdokimov

ABSTRACT. Due to the high incidence of cognitive impairment in stroke patients, the search for promising methods aimed at their correction remains relevant. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of cognitive correction methods, including transcranial magnetic therapy (TcMT) and/or computer cognitive training (CT), conducted against the background of basic motor rehabilitation in stroke patients. 121 patients were studied, randomly divided into 4 groups: 30 patients receiving basic rehabilitation complex (BC); 30 patients - BC+ CT (CT); 31 patients - BC+ TcMT (TcMT), 30 patients - BC+ TcMT+CT (TcMT+CT). In comparison with BC, all three studied methods had a positive effect on the cognitive functions of stroke patients: they significantly increased the MoCA scores and reduced the average task completion time using the "Schulte Tables" method, and in the CT and CT+CT groups there was also a significant decrease in the time spread of individual tasks using the "Schulte Tables"

method. In terms of the effect on active attention, the most modest results were in the TkMT group, the Complex TcMT +CT turned out to be the most effective, surpassing the other two in reducing the average task completion time using the "Schulte Table" method.

KEYWORDS: transcranial magnetic therapy, computer cognitive training, cognitive training, neurorehabilitation, cognitive rehabilitation, ischemic stroke

Сведения об авторах

Кузюкова Анна Александровна — к.м.н., заведующий отдела нейрореабилитации и клинической психологии, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» МЗ РФ, Москва; <https://orcid.org/0000-0003-4266-0050>

Пёхова Яна Геннадьевна — к.м.н., старший научный сотрудник отдела нейрореабилитации и клинической психологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» МЗ РФ, Москва; <https://orcid.org/0000-0002-2754-1021>

Одарущенко Ольга Ивановна - к.псх.н., ведущий научный сотрудник отдела нейрореабилитации и клинической психологии, <https://orcid.org/0000-0002-0000-0002-0416-3558>

Нувахова Маргарита Борисовна - к.м.н., ведущий научный сотрудник отдела нейрореабилитации и клинической психологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» МЗ РФ, Москва; <https://orcid.org/0000-0002-4837-535X>

Евлоева Зухра Магомедовна - невролог, врач-ординатор, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, г. Москва

Юрова Юлия Алексеевна - лаборант отдела нейрореабилитации и клинической психологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, студентка 5 курса факультета клинической психологии ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Минздрава России, г. Москва <https://orcid.org/0009-0008-6765-3379>

Юрова Ольга Валентиновна — д.м.н., профессор, заместитель директора по научной работе и образовательной деятельности ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» МЗ РФ, Москва; <https://orcid.org/0000-0001-7626-5521>

Фесюн Анатолий Дмитриевич, д.м.н., и.о. директора, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-3097-8889>.

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

УДК 576.08; УДК 613

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОТОЧНОЙ ЦИТОМЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ГЕНОМА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Тюрина И.А.^{1*}, Ингель Ф.И.¹, Алексеева А.В.¹, Савостикова О.Н.¹, Мамонов Р.А.¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, 119121, г. Москва, Россия;

РЕЗЮМЕ. Многофакторное постоянное воздействие окружающей среды на человека в современных условиях может быть причиной негативного влияния на состояние генетического аппарата клетки, а как следствие и организма в целом. Этот обзор направлен на анализ возможности применения современного метода проточной цитометрии для выявления эффектов нестабильности генома в микроядерном тесте на лимфоцитах крови человека, культивированных в условиях цитокинетического блока. Метод проточной цитометрии применяется на практике уже более 30 лет, но продолжает непрерывно совершенствоваться. В настоящее время метод наиболее востребован иммунологии, онкологии и при изучении патогенеза инфекционных заболеваний, а также в самых разных областях молекулярной биологии, микробиологии, фармакологии и др. Подтверждена возможность использования проточной цитометрии для работы в микроядерном тесте для анализа частоты клеток с микроядрами, процессов пролиферации и гибели клеток, оценки содержания ДНК. Это значит, что метод проточной цитометрии следует рассматривать как возможный практический инструмент для выявления эффектов и механизмов генетической нестабильности. Однако, в настоящее время требуется проведение дополнительных исследований, направленных на разработку методов пробоподготовки, проведения самого исследования, а также анализа и интерпретации полученных данных.

В данном обзоре поиск источников, описывающих исследования, посвященные применению проточной цитометрии для определения нестабильности генома и тесту на индукцию микроядер, проводился в нескольких англоязычных текстовых базах: PubMed, Scopus, Science Direct, Web of Science, Research Gate, Springer Link и в научной электронной библиотеке – elibrary.ru.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: проточная цитометрия; первичная культура крови человека; лимфоциты; микроядерный тест; микроядра; пролиферация

ВВЕДЕНИЕ

В современном высокотехнологичном мире окружающая среда вносит существенный вклад в формирование здоровья человека, и может являться причиной экологозависимой патологии связанной с загрязнением атмосферного воздуха, воды и др. [1]. Поэтому, несомненно, актуальным направлением

*Адрес для переписки:

Тюрина Ирина Алексеевна ITurina@cspmrz.ru

Цитирование. Тюрина И.А., Ингель Ф.И., Алексеева А.В., Савостикова О.Н., Мамонов Р.А. Возможности использования проточной цитометрии для определения показателей нестабильности генома (обзор литературы). *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 65-72.

Citation:

Turina I.A., Ingel F.I., Alekseeva A.V., Savostikova O.N., Mamonov R.A. The use of flow cytometry to determine indicators of genome instability (literature review). *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024. 1: 65-72.

исследований является здоровьесбережение населения. Профилактика экологозависимых заболеваний является государственным приоритетом*, особенно также и в Арктической зоне РФ [2].

Одним из механизмов влияния среды на здоровье человека являются действующие через нее различные биологические, химические и физические факторы, которые могут как сами, так и опосредованно, вызывать повреждение ДНК и нарушение систем её репарации, тем самым приводя к нестабильности генома.

Индикатором генетической нестабильности, а также возможным маркером риска развития онкологических процессов, является наличие в клетке микроядер [3]. Так, повышенная частота клеток с микроядрами обнаружена в лимфоцитах периферической крови здоровых пациентов, у которых спустя годы развились злокачественные новообразования [4-6].

Тест на индукцию микроядер в лимфоцитах крови человека, культивированных в условиях цитокинетического блока, является цитогенетическим методом для оценки генотоксичности [7-10] и прогноза канцерогенности факторов окружающей среды различной природы [11-16], а также считается возможным индикатором повышенного индивидуального риска развития онкологических заболеваний [4, 5].

Дифференцированные лимфоциты, циркулирующие в крови, лимфе и тканях тела, выбраны в качестве модели для изучения эффектов нестабильности генома в связи с тем, что, являясь конечной стадией лимфопоэза, они не способны к дальнейшей пролиферации в периферической крови [17], сохраняя накопленные повреждения достаточно длительное время. Для постановки микроядерного теста лимфоциты периферической крови культивируются с митогеном, индуцирующим клеточное деление (например, фитогемагглютинином) [18], после чего, обычно через 44 часа, в них блокируют цитокinesis [8], используя ингибитор полимеризации актиновых филаментов, предотвращающий образование веретена деления клетки – цитохалазин В [7, 19, 20]. Это дает возможность определить микроядра в клетках, которые завершили один митотический цикл и легко распознаются по наличию двух ядер [21, 22].

Микроядра образуются из фрагментов хромосом или целых хромосом, которые во время деления ядра в анафазе не взаимодействуют с митотическим веретеном деления и не включаются ни в одно из основных дочерних ядер [19, 22, 23].

Изначально микроядерный тест на лимфоцитах крови человека, культивированных в условиях цитокинетического блока, был разработан для определения доли двуядерных клеток с микроядрами [24], но на практике это позволило оценивать и другие показатели: долю клеток с нуклеоплазменными мостами, долю апоптотических и некротических клеток. Кроме того, по доле клеток каждого типа можно вычислить индекс деления ядра, пролиферацию и др. [4, 5, 12-15].

Подсчет клеток выполняется человеком с помощью световой микроскопии. Это трудоемкий и долгий процесс. Цитомный анализ культивированных лимфоцитов крови с использованием расширенного протокола представляет значительные трудности, связанные с идентичностью распознавания ряда показателей пролиферации клеток разными исследователями [13]. Проблема унификации результатов цитомного анализа в микроядерном тесте весьма серьезна и требует разработки новых инструментальных методов анализа. Одним из них является проточная цитометрия, возможности которой позволяют не только оценивать частоты клеток с микроядрами, но и учитывать показатели пролиферации, продолжительности клеточного цикла и гибели клеток. Метод позволяет регистрировать оптические параметры клеток, находящихся в потоке жидкости, по сигналам светорассеяния и флуоресценции [19, 22, 25]. Кроме того, проточная цитометрия способна обеспечить быстрый многопараметровый анализ отдельных клеток в неоднородной популяции [26, 27].

Проточный цитофлуориметр (цитометр) использует гидродинамическое или акустическое фокусирование клеток в потоке жидкости, где клетки выстраиваются в ряд, одна за другой. Затем в проточной ячейке они проходят через генерируемый цитометром луч лазера. Лазеры используют в качестве источников света и получения сигналов рассеянного света и флуоресценции, причем оптика цитометра собирает световой сигнал от клеток, а электроника преобразует и оцифровывает сигнал для дальнейшего анализа [25, 26]. Анализ клеток проводится на основе как их светорассеивающих, так и флуоресцентных характеристик. Возможность оценивать различные параметры клетки определяется количеством лазеров в проточном цитометре, а также используемыми в процессе пробоподготовки флуоресцентными реагентами (флуорохромами) [28-31].

В проточной цитометрии, в зависимости от поставленных целей, применяются различные флуоресцентные реагенты. Например, для выявления некротических клеток или клеток в поздних стадиях апоптоза используются флуоресцентные красители жизнеспособности, такие как: PI (Propidium Iodide), 7-

* Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года".

ААД [32], Acridine orange, DAPI [33, 34], ЕМА (Ethidium Monoazide) [35] и др. Они окрашивают ДНК и не способны проникать через мембрану живых клеток [32]. Для выявления клеток, находящихся в апоптозе, широко используется FITC Annexin V, в котором белок Annexin V конъюгирован с флуорохромом FITC [36, 37]. Также, конъюгированные флуорохромами антитела используются для иммунофенотипирования лейкоцитов, которое заключается в обнаружении на их поверхности маркеров дифференциации, или CD антигенов. Так моноклональные антитела к антигенам дифференцировки CD19, CD4, CD8 и др. могут быть конъюгированы с РerCP, APC или FITC [38, 39].

Метод проточной цитометрии применяется на практике уже более 30 лет [26]. Вместе с тем, непрерывно идет его развитие и усовершенствование реагентов [27, 40]. Наибольшее применение метод нашел в иммунологии [26, 27, 41, 42], изучении онкологических патологий [43, 44], изучении патогенеза инфекционных заболеваний [45, 46], а также в различных областях молекулярной биологии, микробиологии, фармакологии [26, 47, 48], при оценке радиационного воздействия [22, 49], и определении чувствительности генома к различным веществам [50].

В рамках данного обзора нас интересовали существующие методы проточной цитометрии, направленные на изучение некоторых цитогенетических эффектов нестабильности генома, а именно таких показателей как: частота двуядерных клеток с микроядрами и/или нуклеоплазменными мостами, маркеры стадии клеточного цикла, количество клеток в изучаемой популяции, находящиеся в конкретной стадии цикла, плоидность клеток, частоты клеток в состоянии апоптоза и некроза.

Для определения наличия микроядер с помощью проточной цитометрии применяются подходы, основанные на дифференциации изолированных микроядер от клеточных ядер по интенсивности флуоресценции красителя, связанного с ДНК.

В процессе пробоподготовки в пробирку сначала добавляется флуоресцентный краситель ЕМА, окрашивающий ДНК клеток целостность цитоплазматической мембраны которых нарушена (некротические клетки и клетки в поздней стадии апоптоза), при этом, ЕМА не окрашивает ДНК всех остальных клеток. Далее, когда ЕМА уже не активен, мембраны всех клеток лизируются, и в пробирку добавляется флуоресцентный краситель SYTOX, окрашивающий все ядра и микроядра.

С помощью последовательной процедуры окрашивания хроматин некротических клеток и клеток в поздней стадии апоптоза, окрашенный ЕМА, исключается из анализа в процессе обработки данных, и учитываются только ядра и микроядра, окрашенные SYTOX и не окрашенные ЕМА. Таким образом, определение количества ядер и микроядер происходит с минимальным влиянием хроматина из мертвых и умирающих клеток [51, 52]. Но необходимость лизировать цитоплазматическую мембрану клеток в процессе окраски SYTOX [53] делает невозможным подсчет микроядер в двуядерных и полиядерных клетках, образовавшихся в результате культивирования в условиях цитокинетического блока, а также невозможно определить количество клеток, учтенных в анализе. Кроме того, при использовании проточной цитометрии нельзя идентифицировать такие эффекты, как нуклеоплазменные мостики и ядерные почки, хорошо определяемые визуально световой микроскопией. Несмотря на это, методология подсчета ядер и микроядер всё же обеспечивает хорошее согласование между данными проточной цитометрии и световой микроскопии [22, 51].

Успешнее анализ микроядер с блокировкой цитокинеза был адаптирован для визуализирующей проточной цитометрии [54], сочетающей традиционную проточную цитометрию с возможностями флуоресцентной микроскопии [26] за счет использования высокочувствительной камеры и позволяющей с использованием флуоресцентных изображений визуализировать цитоплазму вместе с ядрами, микроядрами, нуклеоплазменными мостами на экране монитора [55], а также автоматический осуществлять сбор и анализ данных в компьютерной программе [19].

Кроме анализа частоты клеток с микроядрами и цитоплазматическими мостиками, важной является возможность сбора и анализа на проточном цитометре данных, связанных с содержанием ДНК: клеточный цикл и пролиферация клеток.

Анализ содержания ДНК – это наиболее часто измеряемый показатель, применяемый в проточной цитометрии. В медицине он позволяет идентифицировать и дифференцировать опухолевые ткани [56], а также давать дальнейший прогноз заболевания [57]. По относительному содержанию ДНК можно получить информацию о нахождении клеток в различных стадиях клеточного цикла или определить плоидность клеток [58, 59]. Кроме того, интерес представляет поиск возможностей определения числа ядер в клетке по количеству ДНК с помощью проточной цитометрии в рамках микроядерного теста с остановкой цитокинеза.

Распределение клеток по основным фазам клеточного цикла основано на различиях в содержании ДНК между клетками в пререпликативной фазе – G0 и G1 по сравнению с клетками, которые фактически реплицируют ДНК – S фаза, и клетками в пострепликативной фазе и фазе митоза – G2 и M [58].

При определении содержания ДНК ядра клетки должны окрашиваться флуоресцентным красителем. Наиболее часто используемым для этих целей красителем является Propidium Iodide (PI). Так как PI не проникает в живые клетки, необходимо их предварительно фиксировать или пермеабиллизировать (сделать проницаемой мембрану клетки). Недостатком PI является то, что он окрашивает все двухцепочечные нуклеиновые кислоты, поэтому для удаления двухцепочечной РНК требуется инкубация

клеток с РНКазой [58, 59]. После такой подготовки образец анализируется на проточном цитометре. Гистограмма измерения содержания ДНК даёт статическую картину доли клеток в различных фазах клеточного цикла и может быть проанализирована статистически [59, 60]. На качество получаемых данных оказывают влияние три ключевых фактора: пробоподготовка, настройка прибора и анализ данных [59].

На наблюдении за изменением клеточного цикла основан один из подходов изучения пролиферации клеток. Измерение содержания ДНК лимфоцитов в разное время после инкубации с митогеном, индуцирующим клеточное деление, даёт представление об изменениях, происходящих в клетке [59]. Кроме того, пролиферацию можно оценить, используя ядерный антиген пролиферирующих клеток (proliferating cell nuclear antigen, PCNA), конъюгированный с FITC. Содержание белка PCNA достигает пика в процессе S-фазы клеточного цикла и практически не обнаруживается в других фазах цикла. Благодаря особенностям экспрессии, PCNA широко используется в исследованиях, связанных с прогнозом прогрессии опухоли и неопластической пролиферации [61].

Еще одним подходом к изучению пролиферации, который представляется весьма перспективным для использования в микроядерном тесте, является наблюдение за количеством делений клеток в течение определенного периода времени, осуществляемое с помощью, прикрепленной к цитоплазматической мембране флуоресцентной метки, которая поровну делится между дочерними клетками [59].

Активно исследуются клеточные механизмы, контролирующие остановку клеточного цикла и запуск апоптоза [62], а также механизмы некроза [63]. Слишком низкий или слишком высокий уровень апоптоза может быть сигналом нейродегенеративных заболеваний, ишемического повреждения, аутоиммунного расстройства и многих типов онкологических новообразований [62]. Определение стадий апоптоза и клеточной гибели методом проточной цитометрии применяется в различных областях медицины и биологии. Так, выявление доли лейкоцитов периферической крови, находящихся в процессе апоптоза, и клеток с микроядрами, используется в диагностике сахарного диабета 2-го типа [64], ранней диагностике нарушения здоровья людей работающих с фенолом [65], а также в определении тяжести течения фиброза печени [66]. Кроме того, этот метод используется при анализе стадии апоптоза раковых клеток молочной железы человека [43], определении изменений в структурных и иммунных клетках при болезнях легких и травмах [67], изучении процессов, происходящих в гемопоэтических стволовых клетках [68], проведении других анализов и исследований [69-71].

В цитометрии для определения жизнеспособности клетки, а также частот апоптоза и некроза широко используется протокол Annexin V/ PI и его модификации [72, 73].

Исследование апоптоза и некроза основано на выявлении асимметрии фосфатидилсерина (компонент внутреннего слоя плазматической мембраны) [74], а также различиях в целостности и проницаемости плазматической мембраны [72]. На ранних стадиях апоптоза фосфатидилсерин перемещается с внутреннего слоя плазматической мембраны на внешний. Аннексин V представляет собой Ca^{2+} -зависимый белок, имеющий высокое сродство к фосфатидилсерину [75]. Конъюгат FITC Annexin V позволяет выявить клетки, подвергшиеся апоптозу [36, 76]. Окрашивание FITC Аннексином V обычно используется в сочетании с красителями не способными проникать через плазматическую мембрану живых клеток и клеток на ранних стадиях апоптоза, таким как PI, 7-AAD и др. [77].

В заключении следует отметить, что метод проточной цитометрии предлагает множество преимуществ быстрого многопараметрического анализа больших популяций отдельных клеток для изучения биологических процессов, связанных с гибелью клеток [78], анализом содержания ДНК [58, 59], а также обеспечивает хорошее согласование между данными подсчета ядер и микроядер методом световой микроскопии и проточной цитометрии [22, 51], а визуализирующая проточная цитометрия, кроме вышеперечисленного, может также предоставить информацию о частотах микроядер и нуклеоплазменных мостов в двуядерных клетках [19].

Принимая во внимание вышесказанное, а также учитывая высокую технологичность метода проточной цитометрии, его следует рассматривать как возможный инструмент изучения эффектов и механизмов генетической нестабильности человека и животных. Однако в настоящее время требуются дополнительные усилия исследовательского сообщества для проведения работ, направленных на уточнение имеющихся и создание новых методов пробоподготовки, проведения самого исследования, а также анализа и интерпретации полученных данных.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Источник финансирования: исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Прилипко Н.С., Бобровницкий И.П. Совершенствование нормативно-правовой базы в системе организации и оказания медицинской помощи пациентам с экологически обусловленными заболеваниями. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022, 1: 4-30.
Prilipko N.S., Bobrovnikskiy I.P. Improvement of the regulatory and legal framework in the system of organization and provision of medical care for patients with environmentally caused diseases. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 1: 4-30.
2. Бобровницкий И.П., Нагорнев С.Н., Худов В.В., Яковлев М.Ю. Перспективные направления развития инновационных технологий здоровьесбережения в Арктической зоне Российской Федерации *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2021, 1: 16-40.
Bobrovnikskii I.P., Nagornev S.N., Khudov V.V., Yakovlev M. YU. Prospective areas of development innovative health saving technologies in the Arctic zone Russian Federation. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2021. 1: 16-40.
3. Terradas M., Martín M., Genescà A. Impaired nuclear functions in micronuclei results in genome instability and chromothripsis. *Archives of Toxicology*. 2016; 90 (11): 2657-2667. <https://doi.org/10.1007/s00204-016-1818-4>
4. Bonassi S., Znaor A., Ceppi M., Lando C., Chang W.P., Holland N., et al. An increased micronucleus frequency in peripheral blood lymphocytes predicts the risk of cancer in humans. *Carcinogenesis*. 2006; 28 (3): 625-631. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgl177>
5. Bonassi S., El-Zein R., Bolognesi C., Fenech M. Micronuclei frequency in peripheral blood lymphocytes and cancer risk: evidence from human studies. *Mutagenesis*. 2010; 26 (1): 93-100. <https://doi.org/10.1093/mutage/geq075>
6. Decordier I., Mateuca R., Kirsch-Volders M. Micronucleus assay and labeling of centromeres with FISH technique. *Methods Mol Biol*. 2011; 691: 115-136. https://doi.org/10.1007/978-1-60761-849-2_7
7. Rodrigues M.A., Probst C.E., Zayats A., Davidson B., Riedel M., Li Y., et al. The in vitro micronucleus assay using imaging flow cytometry and deep learning. *NPJ Syst Biol Appl*. 2021; 7(1): 20. <https://doi.org/10.1038/s41540-021-00179-5>
8. Rincón G., Sánchez C. Short Assay Design for Micronucleus Detection in Human Lymphocytes. *Biomed Res Int*. 2021; Article ID 2322257. <https://doi.org/10.1155/2021/2322257>
9. Fernández-Bertólez N., Brandão F., Costa C., Pásaro E., Teixeira J.P., Laffon B., et al. Suitability of the In Vitro Cytokinesis-Block Micronucleus Test for Genotoxicity Assessment of TiO₂ Nanoparticles on SH-SY5Y Cells. *Int J Mol Sci*. 2021; 22 (16): 8558. <https://doi.org/10.3390/ijms22168558>
10. Vallabani N.V.S., Karlsson H.L. Primary and Secondary Genotoxicity of Nanoparticles: Establishing a Co-Culture Protocol for Assessing Micronucleus Using Flow Cytometry. *Front Toxicol*. 2022; 4: 845987. <https://doi.org/10.3389/ftox.2022.845987>
11. Fenech M. The in vitro micronucleus technique. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*. 2000; 455 (1-2): 81-95. [https://doi.org/10.1016/s0027-5107\(00\)00065-8](https://doi.org/10.1016/s0027-5107(00)00065-8)
12. Ингель Ф.И. Перспективы использования микроядерного теста на лимфоцитах крови человека, культивируемых в условиях цитокинетического блока. Часть 1. Пролиферация клеток. *Экологическая генетика*. 2006; 4 (3): 7-19. <https://doi.org/10.17816/ecogen437-19>
13. Ингель Ф. И. Перспективы использования микроядерного теста на лимфоцитах крови человека, культивируемых в условиях цитокинетического блока. Часть 2. Факторы среды и индивидуальные особенности в системе оценки нестабильности генома человека. *Экологическая генетика*. 2006; 4 (4): 38-54. <https://doi.org/10.17816/ecogen4438-54>
14. Ingel F. Perspectives of micronuclear test in human lymphocytes cultivated in cytogenetic block conditions. Part 1: Cell proliferation. *Ekologicheskaya genetika [Ecological genetics]*. 2006; 4 (3): 7-19. <https://doi.org/10.17816/ecogen437-19> (in Russian)
15. Ingel F. Perspectives of micronuclear test in human lymphocytes cultivated in cytogenetic block conditions. Part 2. Environmental factors and individual features in system of evaluation of human genome instability. additional capability of the test the technique for cytogenetic analysis. *Ekologicheskaya genetika [Ecological genetics]*. 2006; 4 (4): 38-54. <https://doi.org/10.17816/ecogen4438-54> (in Russian)
16. Ingel F., Erdinger L., Eckl P., Khussainova Sh., Krivtsova E. Genomic instability, radiosensitivity and adaptive response of blood lymphocytes from children living in the Aral sea region: correlation with emotional stress and blood contamination. *Central European journal of occupational and environmental medicine*. 2010; 16 (1-2): 31-45.
17. Ахальцева Л.В., Мошков Н.Е., Ингель Ф.И., Юрцева Н.А., Юрченко В.В. Влияние нано- и микрочастиц диоксида титана на показатели микроядерного теста на культуре крови человека. *Гигиена и санитария*. 2011; (5): 61-63
Akhaltseva L., Moshkov N., Ingel F., Yurtseva N., Yurchenko V. Effect of titanium dioxide nano- and microparticles on the values of the micronucleus test with human whole blood. *Gigiena i Sanitaria [Hygiene and Sanitation]*. 2011; (5): 61-63. (in Russian)
18. Sommer S., Buraczewska I., Kruszewski M. Micronucleus assay: the state of art, and future directions. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020; 21 (4): 1534. <https://doi.org/10.3390/ijms21041534>
19. Trowell O. The lymphocyte. *International Review of Cytology*. 1958; 7: 235-293. [https://doi.org/10.1016/s0074-7696\(08\)62689-3](https://doi.org/10.1016/s0074-7696(08)62689-3)
20. Vignon C., Debeissat C., Georget M., Bouscary D., Gyan E., Rosset P., et al. Flow cytometric quantification of all phases of the cell cycle and apoptosis in a two-color fluorescence plot. *PLoS One*. 2013; 8 (7): e68425. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068425>
21. Rodrigues M., Beaton-Green L., Wilkins R., Fenech M. The potential for complete automated scoring of the cytokinesis block micronucleus cytome assay using imaging flow cytometry. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 2018; 836: 53-64. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2018.05.003>
22. Hayes A.W., Wang T., Dixon D., Loomis T.A. *Loomis's essentials of toxicology*. 5th ed. NYC: Academic Press; 2020.
23. Fenech M., Morley A. Measurement of micronuclei in lymphocytes. *Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects*. 1985; 147 (1-2): 29-36. [https://doi.org/10.1016/0165-1161\(85\)90015-9](https://doi.org/10.1016/0165-1161(85)90015-9)

22. Avlasevich S., Bryce S., De Boeck M., Elhajouji A., Van Goethem F., Lynch A., et al. Flow cytometric analysis of micronuclei in mammalian cell cultures: past, present and future. *Mutagenesis*. 2010; 26 (1): 147-152. <https://doi.org/10.1093/mutage/geq058>
23. Fenech M., Kirsch-Volders M., Natarajan A., et al. Molecular mechanisms of micronucleus, nucleoplasmic bridge and nuclear bud formation in mammalian and human cells. *Mutagenesis*. 2010; 26 (1): 125-132. <https://doi.org/10.1093/mutage/geq052>
24. Fenech M. Cytokinesis-block micronucleus cytome assay. *Nat Protoc*. 2007; 2 (5): 1084-1104. <https://doi.org/10.1038/nprot.2007.77>
25. Набиева У.П., Хегай Т.П. Проточная цитометрия: принципы метода и применение в биомедицинских исследованиях. *Журнал теоретической и клинической медицины*. 2018; (4): 46-49
- Nabieva U.P., Hegai T. Flow cytometry: method principles and applications in biomedical research. *Journal of theoretical and clinical medicine*. 2018; (4): 46-49. (In Russian).
26. McKinnon K. Flow cytometry: an overview. *Curr Protoc Immunol*. 2018; 120 (1). <https://doi.org/10.1002/cpim.40>
27. Bendall S., Nolan G., Roederer M., Chattopadhyay P. A deep profiler's guide to cytometry. *Trends Immunol*. 2012; 33 (7): 323-332. <https://doi.org/10.1016/j.it.2012.02.010>
28. Tzur A., Moore J.K., Jorgensen P., Shapiro H.M., Kirschner M.W. Optimizing Optical Flow Cytometry for Cell Volume-Based Sorting and Analysis. *Plos one*. 2011; 6(1): e16053. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016053>
29. Shapiro H.M. Practical flow cytometry. Fourth edition. NJ: John Wiley & Sons, Ltd; 2005.
30. Givan A.L. Flow cytometry: an introduction. *Methods Mol Biol*. 2011; 699: 1-29. https://doi.org/10.1007/978-1-61737-950-5_1
31. Manohar S.M., Shah P., Nair A. Flow cytometry: principles, applications and recent advances. *Bioanalysis*. 2021; 13 (3): 181-198. <https://doi.org/10.4155/bio-2020-0267>
32. Zembruski N.C.L., Stache V., Haefeli W.E., Weiss J. 7-Aminoactinomycin D for apoptosis staining in flow cytometry. *Analytical Biochemistry*. 2012; 429 (1): 79-81. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2012.07.005>
33. Richman D. Lymphocyte cell-cycle analysis by flow cytometry. Evidence for a specific postmitotic phase before return to G0. *Journal of Cell Biology*. 1980; 85 (2): 459-465. <https://doi.org/10.1083/jcb.85.2.459>
34. Chazotte B. Labeling nuclear DNA using DAPI. *Cold Spring Harb Protoc*. 2011; (1): pdb.prot5556. <https://doi.org/10.1101/pdb.prot5556>
35. Pisz J., Lawrence J., Schafer A., Siciliano S. Differentiation of genes extracted from non-viable versus viable micro-organisms in environmental samples using ethidium monoazide bromide. *J Microbiol Methods*. 2007; 71 (3): 312-318. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2007.09.015>
36. Huang Q., Wang L., Ran Q., Wang J., Wang C., He H., et al. Notopterol-induced apoptosis and differentiation in human acute myeloid leukemia HL-60 cells. *Drug Des Devel Ther*. 2019; 13: 1927-1940. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S189969>
37. Gao L., Xu Z., Huang Z., Tang Y., Yang D., Huang J., et al. CPI-613 rewires lipid metabolism to enhance pancreatic cancer apoptosis via the AMPK-ACC signaling. *J Exp Clin Cancer Res*. 2020; 39 (1): 73. <https://doi.org/10.1186/s13046-020-01579-x>
38. Gatti A., Buccisano F., Scupoli M., Brando B. The ISCCA flow protocol for the monitoring of anti-CD20 therapies in autoimmune disorders. *Cytometry Part B: Clinical Cytometry*. 2020; 100 (2): 194-205. <https://doi.org/10.1002/cyto.b.21930>
39. Ginaldi L., Farahat N., Matutes E., Morilla R., Catovsky D. Differential expression of T cell antigens in normal peripheral blood lymphocytes: a quantitative analysis by flow cytometry. *J Clin Pathol*. 1996; 49 (7): 539-544. <https://doi.org/10.1136/jcp.49.7.539>
40. Ferrer-Font L., Pellefigues C., Mayer J.U., Small S.J., Jaimes M.C., Price K.M. Panel Design and Optimization for High-Dimensional Immunophenotyping Assays Using Spectral Flow Cytometry. *Curr Protoc Cytom*. 2020; 92 (1): e70. <https://doi.org/10.1002/cpcy.70>
41. Cossarizza A., Chang H.D., Radbruch A., et al. Guidelines for the use of flow cytometry and cell sorting in immunological studies (second edition). *Eur J Immunol*. 2019; 49 (10): 1457-1973. <https://doi.org/10.1002/eji.201970107>
42. Wu X., Zhang Y., Li Y., Schmidt-Wolf I.G.H. Improvements in Flow Cytometry-Based Cytotoxicity Assay. *Cytometry A*. 2021; 99 (7): 680-688. <https://doi.org/10.1002/cyto.a.24242>
43. Shin T.S., Allaudin Z.N., Lila M.A., Rahman S.O. Disparity of apoptotic response in human breast cancer cell lines MCF-7 and MDA-MB-231 after infection with recombinant adenovirus encoding the vp2 gene of infectious bursal disease virus. *Molekuliarnaia biologii*. 2014; 48(1): 133-141.
44. Казаков С.П., Заботина Т.Н., Кушлинский Н.Е. Сравнительный анализ клеток с тканевыми общими маркерами, участвующими в регуляции апоптоза и пролиферации, их диагностическая эффективность у больных фолликулярными аденомами щитовидной железы. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2010; (4): 111-116
- Kazakov S.P., Zabolina T.N., Kushlinskiy N.E. Comparative analysis of cells with histic general markers involved in regulation of apoptosis and proliferation, their diagnostic effectiveness in patients with follicular adenoma of thyroid gland. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2010; (4): 111-116. (In Russian).
45. Bourgoin P., Lediagon G., Arnoux I., Bernot D., Morange P.E., Michelet P., et al. Flow cytometry evaluation of infection-related biomarkers in febrile subjects in the emergency department. *Future Microbiol*. 2020; 15:189-201. <https://doi.org/10.2217/fmb-2019-0256>
46. Kandarian F., Sunga G.M., Arango-Saenz D., Rossetti M. A Flow Cytometry-Based Cytotoxicity Assay for the Assessment of Human NK Cell Activity. *J Vis Exp*. 2017; (126): 56191. <https://doi.org/10.3791/56191>
47. McEvoy B., Lynch M., Rowan N.J. Opportunities for the application of real-time bacterial cell analysis using flow cytometry for the advancement of sterilization microbiology. *J Appl Microbiol*. 2021; 130 (6): 1794-1812. <https://doi.org/10.1111/jam.14876>
48. Cossarizza A., Chang H.D., Radbruch A. и др. Guidelines for the use of flow cytometry and cell sorting in immunological studies (third edition). *Eur J Immunol*. 2021; 51 (12): 2708-3145. <https://doi.org/10.1002/eji.202170126>

- 49.Rodrigues M., Probst C., Beaton-Green L., Wilkins R. Optimized automated data analysis for the cytokinesis-block micronucleus assay using imaging flow cytometry for high throughput radiation biodosimetry. *Cytometry Part A*. 2016; 89 (7): 653-662. <https://doi.org/10.1002/cyto.a.22887>
- 50.Deo P., McCullough C., Almond T., et al. Dietary sugars and related endogenous advanced glycation end-products increase chromosomal DNA damage in WIL2-NS cells, measured using cytokinesis-block micronucleus cytome assay. *Mutagenesis*. 2020; 35 (2): 169-177. <https://doi.org/10.1093/mutage/geaa002>
- 51.Avlasevich S., Bryce S., Cairns S., Dertinger S. In vitro micronucleus scoring by flow cytometry: Differential staining of micronuclei versus apoptotic and necrotic chromatin enhances assay reliability. *Environ Mol Mutagen*. 2006; 47 (1): 56-66. <https://doi.org/10.1002/em.20170>
- 52.Riedy M., Muirhead K., Jensen C., Stewart C. Use of a photolabeling technique to identify nonviable cells in fixed homologous or heterologous cell populations. *Cytometry*. 1991; 12 (2): 133-139. <https://doi.org/10.1002/cyto.990120206>
- 53.Bdbiosciences. Micronucleus analysis kit. Instruction manual (Version 100113). Available at: https://www.bdbiosciences.com/content/dam/bdb/products/global/reagents/flow-cytometry-reagents/research-reagents/panels-multicolor-cocktails-ruo/562354_base/pdf/562354.pdf (accessed 15 April 2022).
- 54.Wills J.W., Verma J.R., Rees B.J., Harte D.S.G., Haxhiraj Q., Barnes C.M., et al. Inter-laboratory automation of the in vitro micronucleus assay using imaging flow cytometry and deep learning. *Arch Toxicol*. 2021; 95 (9): 3101-3115. <https://doi.org/10.1007/s00204-021-03113-0>
- 55.Merck. Проточные цитометры с визуализацией. Available at: <http://www.aplitech.by/assets/files/brochure/protochneye-citometry-s-vizualizaciej-amnis.pdf> (accessed 14 July 2022).
- 56.Alexiou G., Vartholomatos G., Stefanaki K., et al. The role of fast cell cycle analysis in pediatric brain tumors. *Pediatr Neurosurg*. 2015; 50 (5): 257-263. <https://doi.org/10.1159/000439029>
- 57.Базанов К.В. Моделирование роста рецидивных и метастатических опухолей. *Фундаментальные исследования*. 2014; (10-9): 1685-1689
- 58.Darzynkiewicz Z., Huang X., Zhao H. Analysis of cellular DNA content by flow cytometry. *Curr Protoc Cytom*. 2017; 82 (1). <https://doi.org/10.1002/cpsy.28>
- 59.Ormerod M.G. Flow Cytometry - A Basic Introduction. Privately published; 2009. Available at: <http://flowbook.denovosoftware.com> (accessed 14 July 2022).
- 60.Балалаева И.В. Проточная цитофлуориметрия. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет; 2014.
- 61.Bdbiosciences. Technical data sheet FITC mouse anti-human PCNA set BD pharmingen. Available at: https://www.bdbiosciences.com/content/dam/bdb/products/global/reagents/flow-cytometry-reagents/research-reagents/panels-multicolor-cocktails-ruo/562354_base/pdf/562354.pdf (accessed 15 April 2022).
- 62.Elmore S. Apoptosis: a review of programmed cell death. *Toxicol Pathol*. 2007; 35 (4): 495-516. <https://doi.org/10.1080/01926230701320337>
- 63.Zhou W., Yuan J. Necroptosis in health and diseases. *Seminars in Cell & Developmental Biology*. 2014; 35: 14-23. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2014.07.013>
- 64.Чак Т.А., Сорокина В.Н., Павлющик Е.А., и др. Оценка молекулярно-биологических показателей лейкоцитов периферической крови пациентов с дистальной сенсомоторной нейропатией при сахарном диабете 2-го типа. *Міжнародний Ендокринологічний Журнал*. 2015; 5(69): 41-49. <https://doi.org/10.22141/2224-0721.5.69.2015.75081>
- Chak T., Sorokina V., Pavliushchik Y. et al. Evaluation of molecular biological parameters of peripheral blood leukocytes in patients with distal sensorimotor neuropathy in type 2 diabetes mellitus. *International journal of endocrinology (Ukraine)*. 2015; (5.69): 41-49. (In Russian). <https://doi.org/10.22141/2224-0721.5.69.2015.75081>
- 65.Челакова Ю.А., Казакова О.А., Долгих О.В. Анализ индикаторных показателей клеточной гибели у работающих в условиях производственной экспозиции фенолом. *Российский иммунологический журнал*. 2018; 12 (4): 779-781. <https://doi.org/10.31857/S102872210002673-5>
- 66.Chelakova Ju., Kazakova O., Dolgikh O. Analysis of cell death indicators by employees under production exposure to phenol. *Russian Journal of Immunology*. 2018; 12 (4): 779-781. (In Russian). <https://doi.org/10.31857/S102872210002673-5>
- 67.Amer J., Salhab A., Doron S., Morali G., Safadi R. A novel flow cytometry tool for fibrosis scoring through hepatic stellate cell differentiation. *Cytometry Part A*. 2018; 93(4): 427-435. <https://doi.org/10.1002/cyto.a.23202>
- 68.Tighe R., Redente E., Yu Y., et al. Improving the quality and reproducibility of flow cytometry in the lung. An official American thoracic society workshop report. *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology*. 2019; 61(2): 150-161. <https://doi.org/10.1165/rcmb.2019-0191st>
- 69.Dong L., Qu C. Flow cytometric analysis of signaling and apoptosis in hematopoietic stem cells. *Methods in Molecular Biology*. 2014: 79-87. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1133-2_6
- 70.Xu Y., So C., Lam H., Fung M., Tsang S. Flow cytometric detection of newly-formed breast cancer stem cell-like cells after apoptosis reversal. *Journal of Visualized Experiments*. 2019; (143). <https://doi.org/10.3791/58642>
- 71.Shigeishi H., Biddle A., Gammon L., et al. Elevation in 5-FU-induced apoptosis in head and neck cancer stem cells by a combination of CDHP and GSK3β inhibitors. *Journal of Oral Pathology & Medicine*. 2014; 44(3): 201-207. <https://doi.org/10.1111/jop.12230>
- 72.Chen D., Eyupoglu I., Savaskan N. Ferroptosis and cell death analysis by flow cytometry. *Methods in Molecular Biology*. 2017: 71-77. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6960-9_6
- 73.Rieger A., Nelson K., Konowalchuk J., Barreda D. Modified Annexin V/Propidium Iodide apoptosis assay for accurate assessment of cell death. *Journal of Visualized Experiments*. 2011; (50). <https://doi.org/10.3791/2597>
- 74.Crowley L., Marfell B., Scott A., Waterhouse N. Quantitation of apoptosis and necrosis by Annexin V binding, Propidium Iodide uptake, and flow cytometry. *Cold Spring Harb Protoc*. 2016; 2016 (11): pdb.prot087288. <https://doi.org/10.1101/pdb.prot087288>
- 75.Войткова В.В. Изучение апоптоза методом проточной цитофлуориметрии (обзор литературы). *Бюллетень Восточно-Сибирского Научного Центра Сибирского Отделения Российской Академии Медицинских Наук*. 2010; 6-1(76): 220-225

- Voitkova V. Study of apoptosis with use of flow cytometry (review of literature). *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)*. 2010; (6-1): 220-225. (In Russian).
76. Hu T., Shi J., Jiao X., Zhou J., Yin X. Measurement of annexin V uptake and lactadherin labeling for the quantification of apoptosis in adherent Tca8113 and ACC-2 cells. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2008; 41(9): 750-757. <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2008000900002>
77. Bdbiosciences. FITC Annexin V. Available at: <https://wwwbdbiosciences.com/en-us/products/reagents/flow-cytometry-reagents/research-reagents/single-color-antibodies-ruo/fits-annexin-v.556419> (accessed 30 June 2022).
78. Bdbiosciences. Propidium Iodide staining solution. Available at: <https://wwwbdbiosciences.com/us/applications/research/apoptosis/buffers-and-ancillary-products/propidium-iodide-staining-solution/p/556463> (accessed 15 April 2022).
79. Darzynkiewicz Z., Juan G., Li X., Gorczyca W., Murakami T., Traganos F. Cytometry in cell necrobiology: analysis of apoptosis and accidental cell death (necrosis). *Cytometry*. 1997; 27(1): 1-20. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0320\(19970101\)27:1<1::aid-cyto2>3.0.co;2-1](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0320(19970101)27:1<1::aid-cyto2>3.0.co;2-1)

THE USE OF FLOW CYTOMETRY TO DETERMINE INDICATORS OF GENOME INSTABILITY (LITERATURE REVIEW)

Turina I.A.¹, Ingel F.I.¹, Alekseeva A.V.¹, Savostikova O.N.¹, Mamonov R.A.¹

¹Federal State Budgetary Institution "Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks" of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, 119121, Russia

ABSTRACT: The multifactorial constant impact of the environment on a person in modern conditions can cause a negative impact on the state of the genetic apparatus of the cell, and, as a result, on the body as a whole. This article is a review aimed at finding the possibilities of using a modern method of flow cytometry to detect the effects of genome instability using a micronucleus test on human blood lymphocytes cultured under cytokinetic block conditions. Flow cytometry has been used in practice for over 30 years. At the same time, it is constantly being developed and improved. The method has found application in immunology, the study of oncological pathologies, the study of the pathogenesis of infectious diseases, as well as in various fields of molecular biology, microbiology, and pharmacology. Data from various studies confirm the practical possibility of using flow cytometry to analyze the frequency of micronuclei, proliferation, DNA content, and the study of biological processes associated with cell death. This means that flow cytometry should be considered as a possible practical tool for revealing the effects and mechanisms of genetic instability. However, at present, additional research is required aimed at developing methods for sample preparation, conducting the study itself, as well as analyzing and interpreting the data obtained. The search of sources describing researches dedicated to flow cytometry to determine genome instability and the micronucleus induction test, was carried out in the English-speaking text databases: PubMed, Scopus, Science Direct, Web of Science, Research Gate, Springer Link and scientific electronic library - elibrary.ru.

KEYWORDS: flow cytometry; primary human blood culture; lymphocytes; micronucleus test; micronuclei; proliferation

Сведения об авторах

Тюрина Ирина Алексеевна, биолог отдела профилактической токсикологии и медико-биологических исследований, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, e-mail: ITurina@espmz.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9364-5654>;

Ингель Фаина Исааковна, д-р биол. наук, вед. научн. сотр. отдела профилактической токсикологии и медико-биологических исследований. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-2262-6800>;

Алексева Анна Венедиктовна, к.м.н., начальник отдела гигиены, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-0422-8382>;

Савостикова Ольга Николаевна, к.м.н., начальник отдела физико-химических исследований и экотоксикологии, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-7032-1366>;

Мамоннов Роман Александрович, к.м.н., начальник отдела профилактической токсикологии и медико-биологических исследований, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-6540-6015>.

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии»
Министерства здравоохранения Российской Федерации



Издательство:

ФГБУ «Национальный медицинский
исследовательский центр реабилитации
и курортологии» Минздрава России

Адрес редакции:

121099, Москва, Новый Арбат, 32
rjerm@nmicrk.ru
8-499-277-01-05 доб.1069

Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine

Российский журнал экологической и восстановительной медицины

Свидетельство о регистрации СМИ в Роскомнадзоре: Эл № ФС77-82612 от 18 января 2022 г.

[Журнал основан в 2012 году]