DOI: https://doi.org/10.17816/MSER676969

Методика коррекции ортостатической гипотензии у пациентов с цервикальной тетраплегией

Ф.А. Бушков[1], А.Н. Разумов[2], Н.В. Сичинава[2]

[1] Реабилитационный центр «Преодоление», Москва, Россия;
[2] Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Спинномозговая травма на шейном уровне ведёт к формированию тетраплегии с грубыми вегетативными нарушениями, одним из которых является ортостатическая гипотензия. Коррекция тяжести течения синдрома ортостатической гипотензии оказывает положительное влияние на функциональное состояние пациентов.

Цель. Разработать и изучить эффективность методики коррекции ортостатической гипотензии у пациентов с цервикальной тетраплегией.

Материалы и методы. Обследованы 120 пациентов с тяжёлой цервикальной тетраплегией C_5-C_8 в возрасте 28 (от 21,0 до 46,0) лет, которые были разделены на три группы по 40 человек: 1-я группа (контрольная) получала традиционную программу реабилитации, 2-я группа получала традиционную реабилитацию и дополнительное ношение абдоминального бандажа в положении сидя в течение дня, 3-я группа получала реабилитацию 2-й группы совместно с применением низкоинтенсивного инфракрасного лазерного излучения (НИЛИ) по рефлекторной и прямой методике. Оценка результатов выполнялась в начале и в конце 30-дневного курса стационарной реабилитации. Ошибка истощения составила 4 человека (3%).

Результаты. Во всех группах по окончании реабилитации была отмечена положительная динамика в отношении функционального, вегетологического и психоэмоционального состояния. Во 2-й и 3-й группах относительно 1-й группы (контрольной) было отмечено более выраженное увеличение суточного систолического артериального давления (САД) (109±8,2 и 109±8,6 мм рт. ст. против 106±7,6 мм рт. ст.), дневного САД (111±8,8 и 111±9,1 против 108±8,4 мм рт. ст.), уменьшение ночного САД (10±2,1 и 11±2,4 против 7±1,8 мм рт. ст.), уменьшение падения САД в одномоментном тилт-тесте (13±3,3 и 12±3,2 против 16,0±3,5 мм рт. ст.), нарастание парасимпатической реактивности (синусовой аритмии) (1,23±0,13 и 1,26±0,15 против 1,21±0,11). Дополнительно отмечается уменьшение выраженности депрессии (на 25 и 28% против 20%) и улучшение качества жизни (на 11 и 11% против 5% соответственно) во 2-й и 3-й группах.

Заключение. Предложенная методика коррекции ортостатической гипотензии, включающая ношение абдоминального бандажа в положении сидя и применение курса НИЛИ, является безопасной, эффективной, способствует повышению ортостатической толерантности, повышению качества жизни, уменьшению лёгких депрессивных нарушений у спинальных пациентов.

Ключевые слова: ортостатическая гипотензия; тетраплегия; травма спинного мозга; абдоминальный бандаж; лазеротерапия.

Как цитировать:
Бушков Ф.А., Разумов А.Н., Сичинава Н.В. Методика коррекции ортостатической гипотензии у пациентов с цервикальной тетраплегией // Медико-социальная экспертиза и реабилитация. 2024. Т. 27, № 4. С. 209–217. DOI: https://doi.org/10.17816/MSER676969

Рукопись получена: 14.03.2025 **Рукопись одобрена:** 23.03.2025 **Опубликована онлайн:** 25.03.2025

ЭКО • ВЕКТОР

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2024

DOI: https://doi.org/10.17816/MSER676969

Abdominal binder and laser therapy in orthostatic hypotension management patient with tetraplegia

Fedor A. Bushkov[1], Alexander N. Razumov[2], Nino V. Sichinava[2]

[1] Rehabilitation Center "Overcoming", Moscow, Russia;
[2] Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Spinal cord injury at the cervical level leads to tetraplegia with severe autonomic disfunctions, one of which is orthostatic hypotension. Nonpharmacological management of the orthostatic hypotension may have a positive effect on functional status.

AIM: To create and study the effectiveness and safety new method of rehabilitation which includes wearing an abdominal binder and laser therapy for correcting orthostatic hypotension in patients with tetraplegia.

MATERIALS AND METHODS: The study involved 120 patients with tetraplegia motor level C_5-C_8, aged 18–50 years, time since spinal cord injury from 6 mouth till 5 years who were divided into 3 groups using randomization. Group 1 (control) received a traditional rehabilitation program based on existing Russian's clinical guidelines for physical rehabilitation spinal cord injured patients, group 2 received the same traditional rehabilitation and additional wearing of an abdominal bandage in a sitting position during the daytime, group 3 received the same rehabilitation as group 2 additionally with low level laser therapy (LLLT) using a combined method (neck and heart points). The results were assessed at the beginning (T_1) and at the end (T_2) of a 30-day course inpatient rehabilitation, the drop out bias was 4 patients (3%).

RESULTS: In all groups, positive dynamics were noted in the functional, autonomic and psychological states. In 2 and 3 groups relative 1 group were noted increasing values 24-hour systolic blood pressure (SBP) (109±8.2 and 109 ±8.6 mm Hg against 106±7.6 mm Hg), daytime SBP (111±8.8 and 111±9.1 versus 108±8.4 mm Hg), a decreasing nighttime SBP dipping (10±2.1 and 11±2.4 versus 7±1.8 mm Hg), SBP loss during tilt table test (13±3.3 and 12±3.2 versus 16.0±3.5 mm Hg), increasing parasympathetic reactivity (sinus arrhythmia) (1.23±0.13 and 1.26±0.15 versus 1.21±0.11). Additionally decreasing level of depression (by 25% and 28% versus 20%) and improvement quality of life (11% and 11% versus 5%) were seen in the 2 and 3 groups.

CONCLUSION: The proposed method of orthostatic hypotension nonpharmacological management using wearing an abdominal bandage and a laser therapy (LLLT) combined method is safe, effective in improving orthostatic tolerance, quality of life, and reduce depressive disorders in tetraplegic patients.

Keywords: orthostatic hypotension; tetraplegia; spinal cord injury; abdominal binder; laser therapy.

To cite this article:
Bushkov FA, Razumov AN, Sichinava NV. Abdominal binder and laser therapy in orthostatic hypotension management patient with tetraplegia. *Medical and Social Expert Evaluation and Rehabilitation.* 2024;27(4):209–217. DOI: https://doi.org/10.17816/MSER676969

Received: 14.03.2025 **Accepted:** 23.03.2025 **Published online:** 25.03.2025

ECO•VECTOR

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International license
© Eco-Vector, 2024

ОБОСНОВАНИЕ

Проявления вегетативной дисфункции после спинномозговой травмы (СМТ) на шейном уровне затрагивают многие системы организма и выражаются в нарушениях функции тазовых органов, бронхолёгочной системы, деятельности сердечно-сосудистой системы, систем терморегуляции и потоотделения [1]. В сердечно-сосудистой системе отмечаются такие феномены, как артериальная гипотензия, вегетативная дисрефлексия, ортостатическая гипотензия (ОГ) [2]. Зачастую ОГ ситуационно препятствует проведению реабилитационных мероприятий и снижает качество жизни спинальных пациентов [3, 4], а в некоторых случаях становится крайне злокачественной, что требует постоянного применения центральных симпатомиметиков [5]. Особое внимание в патогенезе прогрессирования нейрогенной ОГ уделяется денервации симпатических преганглионарных нейронов, а также дисфункции барорефлекторного контура регуляции, которые оказывают существенное влияние на поддержание уровня системного артериального давления [6, 7].

Лечение ОГ включает немедикаментозные и медикаментозные методы (симпатомиметические, гиперволемические препараты, ингибиторы NO-синтазы и пр.). К первым относят применение компрессионной терапии (чулки, абдоминальный бандаж), дозированные ортостатические тренировки, функциональную электростимуляцию нижних конечностей, а также ряд поведенческих приёмов, связанных с уменьшением депонирования крови в нижней части тела или с провоцированием вегетативной дисрефлексии [8]. Одним из интересных направлений повышения ортостатической толерантности является управляемое сочетание модуляции активности преганглионарных спинальных симпатических нейронов и прямого кардиотропного воздействия с помощью применения лазеротерапии [9–11].

В связи с этим **целью исследования** были разработка и изучение эффективности методики нефармакологической коррекции ортостатической гипотензии у пациентов с цервикальной тетраплегией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено проспективное контролируемое рандомизированное продольное терапевтическое исследование.

Процедура рандомизации

Пациенты методом простой рандомизации (методика подбрасывания кубика: цифры 1, 2 — 1-я (контрольная) группа, 3, 4 — 2-я группа, 5, 6 — 3-я группа) были разделены на равные группы по 40 человек.

Критерии соответствия

Критерии включения:

- двигательный уровень повреждения спинного мозга (сегменты C_5–C_8);
- давность СМТ от 6 месяцев до 5 лет;
- отсутствие тяжёлой патологии костно-суставной системы, препятствующей нахождению в кресле-коляске;
- способность непрерывно находиться в положении сидя в кресле-коляске в течение 2–3 часов;
- отсутствие декомпенсации сопутствующих заболеваний;
- возраст пациентов 18–50 лет;
- подписанное информированное согласие.

Критерии невключения:

- высокий уровень повреждения спинного мозга (сегменты C_1–C_4);
- сочетанная черепно-мозговая травма;
- приём антиаритмических препаратов;
- сахарный диабет;
- полиневропатии или невропатии;
- кардиостимулятор с искусственным водителем ритма;
- нестабильная стенокардия и транзиторные нарушения сердечного ритма;
- все формы алкоголизма и наркомании;
- беременность и лактация.

Критерии исключения:

- серьёзные нежелательные явления, регистрируемые в период проведения реабилитации и дальнейшего наблюдения (перелом кости, острый флеботромбоз вен нижних конечностей, обострение уроинфекции, пневмония);
- нарушение утверждённого протокола вмешательства и дальнейшего наблюдения;
- изменение рутинной программы дефекации или способа отведения мочи;
- прохождение повторного курса реабилитации ранее 9 месяцев после окончания первичного курса.

Продолжительность исследования

Исследование проводилось с марта 2020 по сентябрь 2023 года.

Условия проведения

В исследование вошли 120 пациентов с цервикальной тетраплегией в возрасте 28 (от 21,0 до 46,0) лет, отобранных методом простой рандомизации, прошедшие 30-дневный курс стационарной реабилитации в реабилитационном центре для инвалидов «Преодоление» (г. Москва).

Описание медицинского вмешательства

Пациенты 1-й группы (контрольная, *n*=40) получали базовый курс физической реабилитации, состоявший из лечебной физкультуры (ЛФК), механотерапии

с биологической обратной связью, эрготерапии в кресле-коляске в специально оборудованном кабинете, медицинский массаж — каждая процедура длительностью 30–60 мин, по 10–20 процедур за 30-дневный курс, а также курсовое применение переменного магнитного поля на позвоночник по продольной методике (10–100 кГц) (аппарат «Magnetomed 2000», Италия) и динамической пневмокомпрессии на нижние конечности, 10 процедур по 10–20 мин (аппарат «Pressomed 2900», Италия). Во 2-й группе (*n*=40) пациентам помимо базовой программы назначалось постоянное ношение абдоминального брюшного бандажа шириной 15–20 см (с натяжением -10 см от первоначальной окружности талии, измеренной в горизонтальном положении) при высаживании в кресло-коляску и перемещении в нём в течение дня на всё время пребывания в реабилитационном центре. В 3-й группе (*n*=40) пациенты получали лечение, аналогичное 2-й группе, которое дополнялось курсовым применением низкоинтенсивного инфракрасного лазерного излучения (НИЛИ) (аппарат «Lasemed 2000», Италия, длина волны 905 нм, частота излучения 50 Гц) на область сердца и крупных сосудов на 5 рефлекторных зон: область верхушечного толчка, паравертебрально на уровне Th1-Th3 позвонков (преганглионарные нейроны), зона пульсации сонной артерии слева и справа (синокаротидный узел) — по 1 минуте на зону ежедневно, № 20.

Методы регистрации исходов

Регистрация данных обследования выполнялась в начале (T_1) и в конце (T_2) стационарного курса реабилитации. Методы обследования включали функциональное обследование, которое выполнялось с помощью международного стандарта классификации спинномозговой травмы American Spinal Injury Association (ASIA, 2019) [12], двигательного раздела шкалы функциональной независимости Functional Independence Measure (FIM), опросника качества жизни (WHO), психоэмоционального состояния (депрессия по Беку, тревога по Спилбергеру–Ханину), качество жизни оценивалось с помощью короткой версии опросника ВОЗ (World Health Organization Quality of Life–BREF, WHOQOL-BREF). Параметры вегетативной регуляции в сердечно-сосудистой системе: суточный мониторинг артериального давления (СМАД) выполнялся с помощью портативного монитора «МД-01» («Медиком», Россия), при этом оценивались стандартные параметры СМАД; вариабельность ритма сердца (ВРС) записывалась в покое (5-минутная запись) и при ортонагрузке (6-минутная запись) с помощью прибора «Полиспектр 8ЕХ» («Нейрософт»,Россия) и оценивалась с применением спектрального анализа по Фурье; одномоментный тилт-тест (ОТТ) выполнялся с помощью стола «Lojer Multi Tilt Table» (Финляндия), угол поворота стола составлял 70 градусов, оценивалось падение значения систолического АД на 3 мин вертикализации; проба с глубоким управляемым дыханием — выраженность синусовой аритмии в течение 6 дыхательных движений за одну минуту, рассчитывался индекс RR_{max}/RR_{min}; субъективный опросник вегетативной дисфункции, раздел «Ортостатическая гипотензия» (Autonomic Dysfunction Following Spinal Cord Injury, ADFSCI) [13].

ВРС оценивалась после катетеризации или рефлекторного мочеиспускания и после дефекации (на 1–2-е сутки), обследование женщин выполнялось в середине менструального цикла. Исследование проводилось утром, не ранее чем по истечении одного часа после лёгкого завтрака. Обязательным условием являлась отмена сердечно-сосудистых, антиспастических лекарств за 24 часа, а кофеина, никотина, алкоголя — за 12 часов до обследования. При проведении записи ВРС пациент находился в состоянии покоя с прикрытыми глазами. Помещение, где проводилось исследование, было затемнено, в нём поддерживалась температура воздуха 22 °С, влажность около 70%.

Этическая экспертиза

Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации. Участники исследования подписывали добровольное информированное согласие, все полученные данные были обезличены. Клинические исследования на тему «Системный подход к медицинской реабилитации больных с цервикальной тетраплегией» соответствуют нормам биомедицинской этики (протокол Локального этического комитета при ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения г. Москвы» № 1 от 06.02.2020 г.).

Статистический анализ

Полученные нами данные обрабатывались методами статистического анализа при помощи статистического пакета Statistica 10.0. В большинстве наблюдений отмечалась нормальность распределения признаков (W-критерий Шапиро–Уилка). Данные были представлены в виде средней и среднеквадратического отклонения, медианы и интерквартильного размаха (50-й и 75-й процентили). Межгрупповые различия оценивались с помощью критериев Фишера и Краскела–Уоллиса. Апостериорные множественные сравнения выполнялись с применением критерия Тьюки для неравных групп. Для обработки массива данных, полученных в результате записи ВРС, выполнялся факторный анализ, метод вращения — веримакс. Результат считался статистически значимым, если вероятность отвергнуть нулевую гипотезу (H_0) об отсутствии различий не превышала 5% (p <0,05).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты исследования

Распределение пациентов по возрасту показало преобладание лиц 20–30-летнего возраста, мужского пола

(соотношение мужчин и женщин равно 3:1), с полным двигательным повреждением (типы A и B) на уровне сегментов C5-C6 спинного мозга. Между группами не было обнаружено статистически значимых различий по возрасту, давности СМТ (Н-критерий), полу, неврологическому статусу (уровень и тип повреждения спинного мозга (критерий χ^2) (табл. 1).

Основные результаты исследования

До начала реабилитации функциональное состояние (T_1) в 1-й группе было следующим: $ASIA_{рука}$ 22±7,7 балла, FIM 40±15,0 балла; во 2 группе: $ASIA_{рука}$ 23±9,1 балла, FIM 41±15,9 балла; в 3-й группе: $ASIA_{рука}$ 24±8,2 балла, FIM 41±16,1 балла. В конце курса реабилитации (T_2) двигательный счёт по $ASIA_{рука}$ не изменился, функциональное состояние по шкале FIM в 1-й группе составило 46±15,8 балла (прирост FIM_m 6±2,2 балла, 15%), во 2-й группе — 47 ±16,4 балла (прирост 6,8±1,6 балла, 15%), в 3-й группе — 47±16,6 балла (прирост 7±1,8 балла, 17%), межгрупповые различия были статистически незначимыми (p >0,05).

В психоэмоциональном состоянии наблюдалась положительная динамика во всех группах, при этом отмечалось сравнительно одинаковое снижение уровня реактивной тревожности — на 4 балла (10%) и личностной тревожности — на 2 балла (4%). Динамика изменений уровня депрессии и качества жизни между группами несколько отличалась: в 1-й группе снижение уровня депрессии составило 2,3±0,3 балла (20%), во 2-й группе — 2,9±0,5 (25%), в 3-й группе — 3,2±0,6 балла (28%) (p=0,00). В 1-й группе отмечалось улучшение качества жизни на 3±0,8 балла (5%), а во 2-й и 3-й группах — на 6±1,6 и 6±1,2 балла соответственно (11%) (табл. 2). При множественном сравнении (критерий Тьюки) изменения уровня депрессии и качества жизни были статистически значимыми только между 1-й и 2–3-й группами (p=0,00).

Комплексная оценка состояния ВНС (n=120 человек) показала низкий симпатический тонус, реактивность и недостаточность вегетативного обеспечения деятельности. Параметры ВРС в покое были следующими: общая мощность (TP) — 2685±716,4 мс^2, LF_n/HF_n — 0,7±0,17 ед, VLF — 30±11,4%; ЧСС — 58±8,2 уд/мин, ВРС в ортострессе (TP) — 3465±1711,9 мс^2, LF_n/HF_n — 2,1±0,73 ед, VLF — 70±17,5%; ЧСС —67±12,6 уд/мин; проба ГУД — 1,19±0,12, проба ОТТ: САД в покое — 92±14,2 мм рт. ст., САД на 3-й минуте — 75±20,6 мм рт. ст., падение САД — 17±5,2 мм рт. ст.; субъективная шкала ОГ (ADFSCI) — 18 (12,0; 40,0) баллов. По результатам СМАД: АД суточное — 105±7,7 / 63±6,1 мм рт. ст., АД дневное — 107±8,6 / 65±6,7 мм рт. ст., АД ночное — 102±6,7 / 59±5,7 мм рт. ст., ЧСС суточное — 62±6,9 уд/мин, вариабельность САД —11±3,2 мм рт. ст., ночное снижение САД — 5±1,4 мм рт. ст.

Для выявления наиболее репрезентативных параметров ВРС и ортопробы (ОТТ) был выполнен факторный

Таблица 1. Характеристика пациентов по демографическим и функциональным показателям
Table 1. Demographic and functional patient's characteristics

Пациенты	Возраст (лет)	Давность спинномозговой травмы (лет)	Пол (м/ж)	Двигательный уровень C_5-C_6/C_7-C_8	Тип повреждения A-B/C-D
Группа 1	28 (22,0; 48,0)	3 (2,0; 6,0)	30/10	28/12	32/8
Группа 2	29 (20,0; 40,0)	3 (1,0; 5,0)	29/11	29/11	33/7
Группа 3	28 (22,0; 40,0)	2 (1,0; 7,0)	28/12	28/12	31/9

Таблица 2. Изменение психоэмоционального состояния в процессе реабилитации, баллы
Table 2. Changes in psychological state during rehabilitation (points)

Параметры	1-я группа	2-я группа	3-я группа	*p*
До реабилитации				
Тревожность реактивная	40±5,4	41±5,1	39±5,9	0,21
Тревожность личностная	45±4,7	44±5,2	45±6,2	0,67
Депрессия	11,2±3,6	11,4±3,5	11,6±3,3	0,74
Качество жизни	54±14,1	52±13,5	53±14,3	0,26
После реабилитации				
Тревожность реактивная	36±5,9	37±6,1	35±4,9	0,20
Тревожность личностная	43±6,6	42±6,2	43±8,9	0,36
Депрессия	8,9±2,3	8,5±2,5	8,3±2,1	0,16
Качество жизни	57±14,6	58±12,6	59±15,1	0,10

анализ 13 параметров, который позволил выделить 4 группы факторов: LF_n/HF_n (фактор нагрузки 0,91) (22% общей дисперсии), падение САД в ортопробе (фактор нагрузки 0,79) (20% общей дисперсии), мощность спектра ВРС (TP) в покое (фактор нагрузки 0,71) (14% общей дисперсии), значение САД в покое (фактор нагрузки 0,92) (9% общей дисперсии), что, в свою очередь, позволило выбрать для анализа ВРС только LF_n/HF_n и падение САД в ортопробе как основные показатели и эквиваленты активности симпатического отдела ВНС. Активность парасимпатического отдела ВНС изучалась нами в пробе ГУД и была представлена в виде экспираторно-инспираторного коэффициента (RR_{max}/RR_{min}). Межгрупповые различия по ВРС и СМАД обнаружены не были, за исключением дневного значения ЧСС (СМАД) в 3-й группе относительно 1-й группы (65±8,1 уд/мин против 67±8,2 уд/мин, *p*=0,02) (табл. 3).

ОГ была выявлена с помощью ОТТ у 15 (38%) пациентов 1-й группы, 13 (33%) пациентов 2-й группы, 14 (35%) пациентов 3-й группы, в среднем у 35% пациентов. По результатам СМАД эпизоды ОГ были выявлены у 34 (85%) пациентов 1-й группы, 32 (80%) пациентов 2-й группы, 35 (87%) пациентов 3-й группы, в среднем у 84% пациентов, что указывает на большую долю скрытых эпизодов ОГ.

После курса реабилитации во 2-й и 3-й группах было отмечено смягчение протекания ОГ в виде уменьшения уровня её субъективных проявлений (ADFSCI) до 12–13 баллов (в 1-й группе — 17 баллов), уменьшение падения САД в ортопробе до 12–13 мм рт. ст. (в 1-й группе — 16 мм рт. ст.) (табл. 4), также наблюдалось увеличение роста экспираторно-инспираторного индекса до 1,23–1,26 ед. (в 1-й группе — 1,21 ед., *p*=0,20) и статистически незначимое увеличение нормализованного симпатовагального индекса до 0,9 ед. (в 1-й группе — 0,8 ед., *p*=0,18), что, вероятно, обусловлено увеличением парасимпатической активности. По результатам СМАД во 2-й и 3-й группах было отмечено значимое увеличение суточного САД (109 мм рт. ст. против 106 мм рт. ст.), дневного САД (111±8,8 и 111±9,1 мм рт. ст. против 108±8,4 мм рт. ст.), дневного ДАД (67±6,9 и 66±6,4 мм рт. ст. против 64±7,8 мм рт. ст.), более выраженное снижение САД в ночные часы (11±2,4 и 10±2,1 мм рт. ст. против 7±1,8 мм рт. ст.), в 3-й группе отмечается снижение средних показателей ночного значения ЧСС (54±6,7 уд/мин) относительно 1-й группы (58±7,5 уд/мин) (см. табл. 4). Это указывает на эффективность влияния предложенной экспериментальной методики коррекции ОГ (абдоминальный бандаж)

Таблица 3. Состояние вегетативной нервной системы до реабилитации (вариабельность ритма сердца, кардиопробы, суточный мониторинг артериального давления)

Table 3. State of the autonomic nervous system before rehabilitation (heart rate variability, cardiac tests, ambulatory blood pressure monitoring)

Параметры	1-я группа	2-я группа	3-я группа	*p* (H/F-критерий)
Раздел ОГ (ADFSCI), баллы	19 (13,0; 43,0)	18 (12,0; 41,0)	18 (12,0; 40,0)	0,46
LF_n/HF_n, ед	0,7±0,19	0,7±0,12	0,7±0,17	0,80
ΔСАД в ОТТ, мм рт. ст.	18±3,7	17±3,5	17±3,1	0,45
RR_{max}/RR_{min}, ед	1,19±0,13	1,18±0,11	1,19±0,12	0,66
САД суточное, мм рт. ст.	104±7,1	105±7,7	104±7,5	0,69
ДАД суточное, мм рт. ст.	63±6,2	63±5,9	62±5,7	0,78
САД день, мм рт. ст.	106±8,3	107±8,2	106±8,4	0,69
ДАД день, мм рт. ст.	65±6,6	66±6,3	65±6,7	0,54
САД ночь, мм рт. ст.	102±6,2	103±6,4	102±6,8	0,65
ДАД ночь, мм рт. ст.	60±5,4	59 ±5,7	59 ±5,5	0,72
ЧСС суточное, уд/мин.	61±7,1	62±6,6	60±6,8	0,24
ЧСС день, уд/мин.	67±8,2	66±8,6	65±8,1	0,02
ЧСС ночь, уд/мин.	59±5,2	59±4,6	58±4,8	0,72
Суточная вариабельность САД, мм рт. ст.	10 (8,0; 14,0)	11 (7,0; 14,0)	11 (8,0; 15,0)	0,65
Ночное снижение САД, мм рт. ст.	4±0,6	4±0,6	4±0,8	0,85

Примечание. ОГ — ортостатическая гипотензия, ОТТ — одномоментный тилт-тест, LF_n/HF_n — одномоментный симпатовагальный индекс; ΔСАД — падение САД в ОТТ, RR_{max}/RR_{min} — экспираторно-инспираторный индекс, САД — систолическое артериальное давление, ДАД — диастолическое артериальное давление, ЧСС — частота сердечных сокращений.

Note. ОГ — orthostatic hypotension, ОТТ — one-stage tilt table test, LF_n/HF_n — normalized sympathovagal index; ΔСАД — fall САД during ОТТ, RR_{max}/RR_{min} — expiratory-inspiratory index, САД — systolic blood pressure, ДАД — diastolic blood pressure, ЧСС — heart rate.

Таблица 4. Состояние вегетативной нервной системы после реабилитации (вариабельность ритма сердца, кардиопробы, суточный мониторинг артериального давления)

Table 4. State of the autonomic nervous system after rehabilitation (heart rate variability, cardiac tests, ambulatory blood pressure monitoring)

Параметры	1-я группа	2-я группа	3-я группа	*p* (H/F-критерий)	Критерий Тьюки
Раздел ОГ (ADFSCI), баллы	17 (12,0; 40,0)	13 (10,0; 36,0)	12 (8,0; 32,0)	0,00	p_1–p_3=0,00 p_2–p_3=0,00*
LF_n/HF_n ВРС, ед.	0,8±0,17	0,9±0,19	0,9±0,18	0,18	
Δ САД в ОТТ, мм рт.ст.	16,0±3,5	13±3,3	12±3,2	0,00	p_1–p_2=0,00; p_1–p_3=0,00
RR_{max}/RR_{min}, ед	1,21±0,11	1,23±0,13	1,26±0,15	0,00	p_1–p_2=0,00; p_1–p_3=0,00, p_2–p_3=0,00
САД суточное, мм рт. ст.	106±7,6	109±8,2	109±8,6	0,00	p_1–p_2=0,00; p_1–p_3=0,00
ДАД суточное, мм рт. ст.	63±7,4	64±6,6	64±6,2	0,62	–
САД день, мм рт. ст.	108±8,4	111±8,8	111±9,1	0,01	p_1–p_2=0,00; p_1–p_3 =0,00
ДАД день, мм рт. ст.	64±7,8	67±6,9	66±6,4	0,03	p_1–p_2=0,00; p_1–p_3 =0,00
САД ночь, мм рт. ст.	101±6,6	101±6,8	100±7,6	0,67	–
ДАД ночь, мм рт. ст.	60±6,1	59±6,2	61±5,9	0,39	–
ЧСС сутки, уд/мин	63±8,4	64±7,9	64±7,4	0,69	–
ЧСС день, уд/мин	67±8,8	68±8,2	69±7,4	0,15	–
ЧСС ночь, уд/мин	58±7,5	57±6,6	54±6,7	0,00	p_2–p_3=0,00; p_1–p_3=0,00
Суточная вариабельность САД, мм рт. ст.	10 (8,0; 14,0)	10 (9,0; 12,0)	11 (9,0; 13,0)	0,74	–
Ночное снижение САД, мм рт. ст.	7±1,8	10±2,1	11±2,4	0,00	p_1–p_2=0,00; p_1–p_3=0,00

Примечание. * критерий Ньюмена–Кейлса, ОГ — ортостатическая гипотензия, ОТТ — одномоментный тилт-тест, LF_n/HF_n — одномоментный симпатовагальный индекс; ΔСАД — падение САД в ОТТ, RR_{max}/RR_{min} — экспираторно-инспираторный индекс, САД — систолическое артериальное давление, ДАД — диастолическое артериальное давление, ЧСС — частота сердечных сокращений.

Note. * criteria Newman-Keuls, ОГ — orthostatic hypotension, ОТТ — one-stage tilt table test, LF_n/HF_n — normalized sympathovagal index; ΔСАД — fall САД during ОТТ, RR_{max}/RR_{min} — expiratory-inspiratory index, САД — systolic blood pressure, ДАД — diastolic blood pressure, ЧСС — heart rate.

на суточный профиль АД, а также на положительную суммацию физиологических эффектов ношения абдоминального бандажа и курса инфракрасного лазерного излучения (ИКЛИ) по рефлекторной методике. Изменения показателей между 2-й и 3-й группами менее выражены, чем при их сравнении с контрольной группой, что может указывать на то, что воздействие абдоминального бандажа обладает ведущим физиологическим механизмом, а воздействие ИКЛИ несёт в себе дополнительный «минорный» механизм.

Таким образом, применение абдоминального бандажа оказывает ведущее влияние на ВНС, как и на качество жизни и уровень депрессии, а добавление ИКЛИ оказывает незначительное дополнительное положительное воздействие на состояние ВНС и снижение уровня депрессии, вероятно, позволяя достигнуть «потолочного» уровня положительных изменений. Двигательные возможности пациентов из экспериментальных групп не претерпели существенных изменений, однако следует отметить, что при опросе пациенты из 2-й и 3-й группы испытывали меньшую субъективную усталость, имели более высокое настроение, легче переносили длительный ортостатический стресс в виде пребывания в кресле-коляске или во время дозированных вертикализаций в рамках занятий ЛФК, что создавало эффект облегчения двигательной активности.

ОБСУЖДЕНИЕ

У пациентов с тетраплегией наблюдается снижение качества жизни, наиболее выраженное в домене «двигательная активность» или «ограничение физической роли» [14]. Известно, что факторами, влияющими на качество жизни, являются сформированные навыки пользования креслом-коляской [15], регулярные занятия фитнесом [16]. Безусловно, стационарная медицинская реабилитация способствует реализации каждого из вышеуказанных предикторов, вторично оказывая положительное влияние и на вегетативное обеспечение двигательной деятельности.

В результате СМТ происходит угасание симпатической эфферентной активности преганглионарных нейронов D_1-D_5 сегментов спинного мозга и доминирование парасимпатического отдела за счёт интактных преганглионарных парасимпатических нейронов ствола мозга, что позволяет сохраняться таким адаптивным изменениям, как синусовая аритмия [2, 4, 6]. Абдоминальный бандаж положительно влияет на внешнее дыхание, улучшает опору (силу) речи. Брюшной бандаж стабилизирует брюшную стенку, увеличивает внутрибрюшное давление, уменьшает смещение диафрагмы вниз, тем самым улучшая её сократимость, вдох и продуктивность кашля, его использование увеличивает жизненную ёмкость лёгких на 10–30% [17]. С другой стороны, было показано, что дыхательные упражнения положительно влияют на ВРС, барорефлекторную чувствительность и уровень САД в покое [18]. Влияние лазеротерапии сложно оценить в плане прямого воздействия на преганглионарные симпатические нейроны, так как нами не получено существенных различий между группами в значении нормализованного симпатовагального индекса, что, скорее, следует расценивать как результат прямого кардиотропного воздействия [11].

Таким образом, полученные нами результаты не противоречат имеющимся данным, а уточняют физиологические механизмы вегетативного реагирования пациентов после СМТ на шейном уровне; они также подтверждают обоснованность совместного применения ношения абдоминального бандажа и лазеротерапии по рефлекторной методике для коррекции синдрома ОГ.

Ограничения исследования

Недостатком нашего исследования является отсутствие отсроченных наблюдений за эффективностью методики в более поздние сроки после её применения. При этом ряд пациентов продолжили ношение абдоминального бандажа после прекращения реабилитации. Отсутствие контроля за показателями барорефлекторной чувствительности и уровнем норадреналина крови не позволяет полностью раскрыть компенсаторные механизмы коррекции ортостатической гипотензии, однако нормальные показатели суточной вариабельности САД исключают ухудшение течения вегетативной дисрефлексии как одного из основных компенсаторных механизмов ортостатической интолерантности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сочетанное применение ношения абдоминального бандажа в положении сидя и курса НИЛИ по рефлекторной методике способствует нормализации профиля СМАД, а также увеличению ортостатической толерантности в одномоментном тилт-тесте, нарастанию парасимпатической реактивности (синусовой аритмии) с уменьшением субъективных проявлений ОГ. Дополнительно отмечается уменьшение выраженности депрессии на 28% и улучшение качества жизни на 11%.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Ф.А. Бушков — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста; А.Н. Разумов — концепция и дизайн исследования; Н.В. Сичинава — редактирование статьи. Все авторы одобрили финальную версию перед публикацией, а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Источник финансирования. Отсутствует.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов (личных, профессиональных или финансовых), связанных с третьими лицами (коммерческими, некоммерческими, частными), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи, а также иных отношений, деятельности и интересов за последние три года, о которых необходимо сообщить.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. F.A. Bushkov — concept and design of the study, collection and processing of the material, writing the text, statistical analysis, A.N. Razumov — concept and design of the study, N.V. Sichinava — editing. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Funding source. None.

Disclosure of interests. The authors declare the absence of relationships, activities and interests (personal, professional or financial) related to third parties (commercial, non-profit, private), whose interests may be affected by the content of the article, as well as other relationships, activities and interests over the past three years, which must be reported.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Krassioukov A, Biering-Sørensen F, Donovan W, et al. International standards to document remaining autonomic function after spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2012;35(4):201–10. doi: 10.1179/1079026812Z.00000000053

2. Claydon VE, Steeves JD, Krassioukov A. Orthostatic hypotension following spinal cord injury: understanding clinical pathophysiology. *Spinal Cord.* 2006;44(6):341–51. doi: 10.1038/sj.sc.3101855

3. Illman A, Stiller K, Williams M. The prevalence of orthostatic hypotension during physiotherapy treatment in patients with an acute spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2000;38(12):741–7. doi: 10.1038/sj.sc.3101089

4. Wecht JM. Management of blood pressure disorders in individuals with spinal cord injury. *Curr Opin Pharmacol.* 2022;62:60–63. doi: 10.1016/j.coph.2021.10.003

5. Canosa-Hermida E, Mondelo-García C, Ferreiro-Velasco ME, et al. Refractory orthostatic hypotension in a patient with a spinal cord injury: Treatment with droxidopa. *J Spinal Cord Med.* 2017;41(1):115–118. doi: 10.1080/10790268.2016.1274093

6. Furlan JC, Fehlings MG, Shannon P, Norenberg MD, Krassioukov AV. Descending vasomotor pathways in humans: correlation between axonal preservation and cardiovascular dysfunction after spinal cord injury. *J Neurotrauma*. 2003;20:1351–1363.

7. Stewart JM. Mechanisms of sympathetic regulation in orthostatic intolerance. *J Appl. Physiol.* 2012;113(10):1659–1668. doi: 10.1152/japplphysiol.00266.2012

8. Krassioukov A, Eng JJ, Warburton DER, Teasell R; The SCIRE Research Team. A Systematic Review of the Management of Orthostatic Hypotension Following Spinal Cord Injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90(5):876–885. doi: 10.1016/j.apmr.2009.01.009

9. Shimoyama M, Fukuda Y, Shimoyama N, Iijima K, Mizuguchi T. Effect of He-Ne laser irradiation on synaptic transmission of the superior cervical sympathetic ganglion in the rat. *J Clin Laser Med Surg.* 1992;10(5):337–342. doi: 10.1089/clm.1992.10.337

10. Deuchars SA, Lall VK. Sympathetic preganglionic neurons: properties and inputs. *Compr Physiol.* 2015;5(2):829–69. doi: 10.1002/cphy.c140020

11. Sayed MA, El-Sherif RM, Ismail A, Essam A, Warda A. Effect of low-level laser physiotherapy on left ventricular function among patients with chronic systolic heart failure. *Egypt Heart J.* 2023;75(1):12. doi: 10.1186/s43044-023-00337-6

12. ASIA and ISCoS International Standards Committee. The 2019 revision of the International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury (ISNCSCI)-What's new? *Spinal Cord.* 2019;57(10):815–817. doi: 10.1038/s41393-019-0350-9

13. Hubli M, Gee CM, Krassioukov AV. Refined assessment of blood pressure instability after spinal cord injury. *American Journal of Hypertension.* 2015;28(2):173–181. doi: 10.1093/ajh/hpu122

14. Boakye M, Leigh BC, Skelly AC. Quality of life in persons with spinal cord injury: comparisons with other populations. *J Neurosurg Spine.* 2012;17(1 Suppl):29–37. doi: 10.3171/2012.6.AOSPINE1252

15. Hosseini SM, Oyster ML, Kirby RL, Harrington AL, Boninger ML. Manual wheelchair skills capacity predicts quality of life and community integration in persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(12):2237–243. doi: 10.1016/j.apmr.2012.05.021

16. Sisto SA, Evans N. Activity and Fitness in Spinal Cord Injury: Review and Update. *Curr Phys Med Rehabil Rep.* 2014;2:147–157. doi: 10.1007/s40141-014-0057-y

17. Wadsworth BM, Haines TP, Cornwell PL, Paratz JD. Abdominal binder use in people with spinal cord injuries: a systematic review and meta-analysis. *Spinal Cord.* 2009;47(4):274–85. doi: 10.1038/sc.2008.126

18. Ditterline BEL, Aslan SC, Randall DC, et al. Effects of respiratory training on heart rate variability and baroreflex sensitivity in individuals with chronic spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2018;99(3):423–432. doi: 10.1016/j.apmr.2017.06.033

ОБ АВТОРАХ

*** Бушков Фёдор Анатольевич,** канд. мед. наук;
адрес: Россия, 127083, Москва, ул. 8-го Марта, д. 6А, стр. 1;
ORCID: 0000-0002-3001-0985;
eLibrary SPIN: 7593-3400;
e-mail: bushkovfedor@mail.ru

Разумов Александр Николаевич, д-р мед. наук, профессор, академик РАН;
ORCID: 0000-0001-5389-7235;
eLibrary SPIN: 8793-5173;
e-mail: a-razumov@mail.ru

Сичинава Нино Владимировна, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0002-7732-6020;
eLibrary SPIN: 2568-8150;
e-mail: sichi.24@mail.ru

AUTHORS' INFO

*** Fedor A. Bushkov,** MD, Cand. Sci. (Medicine);
address: 6A 8th March st, bldg 1, Moscow, Russia, 127083;
ORCID: 0000-0002-3001-0985;
eLibrary SPIN: 7593-3400;
e-mail: bushkovfedor@mail.ru

Alexander N. Razumov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences;
ORCID: 0000-0001-5389-7235;
eLibrary SPIN: 8793-5173;
e-mail: a-razumov@mail.ru

Nino V. Sichinava, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-7732-6020;
eLibrary SPIN: 2568-8150;
e-mail: sichi.24@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author