



Акватренинг в пресной воде у пациентов с нарушениями поддержания вертикальной позы тела

Иванова Е.П.¹, Лобанов А.А.¹, Андронов С.В.¹, Фесюн А.Д.¹, Рачин А.П.¹, Барашков Г.Н.¹, Богданова Е.Н.², Гришечкина И.А.¹, Попов А.И.¹, Лебедева О.Д.¹, Яковлев М.Ю.¹, Сидоров В.В.³

¹Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия

²Северный арктический федеральный университет, Архангельск, Россия

³Научно-производственное предприятие «ЛАЗМА», Москва, Россия

Резюме

Применение проведения курса акватренировок в пресной воде как более щадящей методики тренировок, возможно, позволит пациентам обеспечить эффективное восстановление функций мышц, ответственных за поддержание вертикального положения тела. Более точный контроль результатов курса процедур может быть выполнен с помощью виртуального анализа, проводимого при применении системы «Habilect», позволяющей регистрировать положения отдельных частей тела в пространстве.

Цель исследования. Изучить влияние тренировки в пресной воде с помощью системы «Habilect» на базе инфракрасного сенсора «Microsoft Kinect» (видеостабилометрия) на двигательные функции, способствующие поддержанию вертикальной позы тела у пациентов с лёгкими нарушениями стереотипа походки.

Материал и методы. Было проведено открытое описательное исследование, в которое было включено 12 пациентов (7 мужчин, 5 женщин) в возрасте от 40 до 62 лет, с нарушениями поддержания вертикальной позы тела, которые соответствуют функциональному диагнозу, кодируемому по МКФ «Функции стереотипа походки» b770.1 – легкие нарушения (5–24%). Группа испытуемых (n = 12) помимо базовой терапии и тренировки с инструктором ЛФК, проходила акватренировку в пресной воде в течение двух недель (30 мин, 6 дней в неделю). Методы оценки: до и после курса реабилитации проводилось исследование с помощью системы видеоанализа походки «Habilect». Для оценки достоверности различий между группами качественных переменных использован критерий χ^2 . Для оценки достоверности различий количественных переменных двух изучаемых групп использован Т-критерий Вилкоксона. Обработка полученных результатов исследований выполнена с помощью пакета программ «Statistica for Windows» (v.8.0) (StatSoft Inc., США) и «Microsoft Excel» (Microsoft, США). Достоверность различий считалась установленной при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. При исследовании амплитуды отклонения тела по оси X до тренировки они составляли 3,25 см [-98 см; 93,9 см], после – 9,96 см [-100,92 см; -81,96 см], по оси Y до тренировки – 29,01 см [-29,01 см; 13,76 см], после – 30,59 см [-30,59 см; 31,09 см], по оси Z до тренировки – 388,1 см [369,22 см; 393,39 см], после тренировки – 380,96 см [377,98 см, 400,05 см], отклонение вектора движения тела до тренировки 16,45 см [7,46 см; 338,67 см], после тренировки – 324,7 см [324,7 см; 342,56 см]. При исследовании амплитуды отклонения головы по оси X до тренировки они составляли -0,92 см [-1,24 см; -0,92 см], после – 1,5 см [-10,19 см; 2,38 см], по оси Y до тренировки – 125,33 см [61,13 см; 128,94 см], после – 107,42 см [52,49 см; 107,42 см], по оси Z до тренировки – 8,59 см [-8,97 см; -5,33 см], после тренировки – -14,89 см [-14,89 см, -3,45 см]. При расчёте прироста отклонения (отклонения основных осей тела от исходного значения) с помощью Т-критерия Вилкоксона выявлены статистически значимые отклонения по оси X (прирост 306,5%, $p = 0,0504$), оси Z (прирост 112,68%, $p = 0,0225$) и параметру Body Angle (прирост 1973,86% $p = 0,0323$). При расчёте прироста отклонения осей головы от исходного значения с помощью Т-критерия Вилкоксона выявлены статистически значимые отклонения по оси X (прирост 163,04%, $p = 0,0280$), оси Y (прирост 85,71%, $p = 0,0199$) и параметру Z (прирост 173,34% $p = 0,0292$). В ходе исследования было выявлено уменьшение амплитуды отклонений осей тела во всех 3 плоскостях, что свидетельствует об улучшении работы всех отделов мозга, отвечающих за координацию двигательных функций и их вегетативное обеспечение, улучшение функционального взаимодействия внутри отдельных мышечных цепей. Уменьшение участия мышц головы и шеи в компенсаторной балансировке при ходьбе и поддержание вертикальной позы тела преимущественно за счет мышц нижних конечностей и таза способствует профилактике нарушений артериального и венозного кровообращения в области головы и шеи и делает тренировку не только более эффективной, но и безопасной.

Заключение. Курс акватренировок за счёт уменьшения амплитуды отклонений по всем трём осям (Z, Y, X), способствует коррекции нарушений поддержания вертикальной позы тела, статистически достоверному снижению амплитуды движений головы и шеи.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, санаторно-курортное лечение, реабилитация, акватренировка, инфракрасный сенсор «Microsoft Kinect», Habilect

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.

Для цитирования: Иванова Е.П., Лобанов А.А., Андронов С.В., Фесюн А.Д., Рачин А.П., Барашков Г.Н., Богданова Е.Н., Гришечкина И.А., Попов А.И., Лебедева О.Д., Яковлев М.Ю., Сидоров В.В. Акватренинг в пресной воде у пациентов с нарушениями поддержания вертикальной позы тела. *Вестник восстановительной медицины*. 2021; 20 (6): 58–66. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-6-58-66>

Для корреспонденции: Гришечкина Ирина Александровна, e-mail: GrishechkinalA@nmicrk.ru

Статья получена: 16.07.2021

Статья принята к печати: 15.11.2021

Fresh Water Aquatic Training in Patients with Upright Posture Maintaining Disorders

Elena P. Ivanova¹, Andrey A. Lobanov¹, Sergey V. Andronov¹, Anatoliy D. Fesyun¹, Andrey P. Rachin¹, Gleb N. Barashkov¹, Elena N. Bogdanova², Irina A. Grishechkina¹, Andrey I. Popov¹, Olga D. Lebedeva¹, Maxim Yu. Yakovlev¹, Viktor V. Sidorov³

¹National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russian Federation

²Northern Arctic Federal University, Arkhangelsk, Russian Federation

³LAZMA Research and Production Enterprise, Moscow, Russian Federation

Abstract

The use of the fresh water aquatic training course, as a more gentle training method, may allow patients to ensure effective restoration of muscle functions responsible for maintaining an upright body position. A more accurate control of the course results can be performed using a virtual analysis carried out using the «Habilect» system that allows to determine the body parts attitude.

Aim. To study the effect of training in fresh water using the Habilect system based on the Microsoft Kinect infrared sensor (video stabilometry) on motor functions that contribute to maintaining an upright body posture in patients with mild gait disturbances.

Material and methods. An open descriptive study was conducted including 12 patients (7 men, 5 women), aged 40 to 62 years, with upright posture maintaining disorders, which correspond to the functional diagnosis encoded by the ICF «Gait Stereotype Functions» B770.1 – mild violations (5–24%). A group of subjects (n = 12), in addition to basic therapy and training with an exercise therapy instructor, underwent aquatic training in fresh water for two weeks (30 minutes, 6 days a week).

Assessment methods: the research was carried out using the Habilect gait video analysis system before and after the rehabilitation course. The χ^2 test was used to assess the significance of differences between groups of qualitative variables. When analyzing quantitative variables, the Shapiro-Wilk's (W) test was performed. For abnormal distribution, the data is in Me format [Q25-Q75]. The Wilcoxon T-test was used to assess the significance of differences in quantitative variables of the two studied groups. The processing of the obtained research results was carried out using the Statistica for Windows, v. 8.0 (StatSoft Inc., USA) and Microsoft Excel (Microsoft, USA). The significance of the differences was considered established at $p < 0.05$.

Result and discussion. When examining the amplitude of body deflection along the X-axis before training, they were 3.25 cm [-98 cm; 93.9 cm], after – 9.96 cm [-100.92 cm; -81.96 cm], on the Y-axis before training – -29.01 cm [-29.01 cm; 13.76 cm], after – -30.59 cm [-30.59 cm; 31.09 cm], on the Z-axis before training – 388.1 cm [369.22 cm; 393.39 cm], after training – 380.96 cm [377.98 cm, 400.05 cm], deviation of the body movement vector before training 16.45 cm [7.46 cm; 338.67 cm], after training – 324.7 cm [324.7 cm; 342.56 cm]. When examining the amplitude of head deflection along the X-axis before training, they were -0.92 cm [-1.24 cm; -0.92 cm], after – 1.5 cm [-10.19 cm; 2.38 cm], Y-axis before training – 125.33 cm [61.13 cm; 128.94 cm], after – 107.42 cm [52.49 cm; 107.42 cm], along the Z-axis before training – -8.59 cm [-8.97 cm; -5.33 cm], after training – -14.89 cm [-14.89 cm, -3.45 cm]. When calculating the increase in deviation (deviations of the main body axes from the initial value) using the Wilcoxon T-test revealed statistically significant deviations in the X-axis (an increase of 306.5%, $p = 0.0504$), the Z-axis (an increase of 112.68%, $p = 0.0225$) and the Body Angle parameter (an increase of 1973.86% $p = 0.0323$). When calculating the increase in the deviation of the head axes from the initial value using the Wilcoxon T-test, statistically significant deviations were revealed along the X axis (increase of 163.04%, $p = 0.0280$), the Y axis (increase of 85.71%, $p = 0.0199$) and the parameter Z (an increase of 173.34% $p = 0.0292$). The study revealed a decrease in the body axes deviations amplitude in all 3 planes, which indicates an improvement in the work of all brain parts that are responsible for the coordination of motor functions and their vegetative support, an improvement in functional interaction within individual muscle chains. The reduction in the head and neck muscles in compensatory balancing participation during walking and maintaining a vertical body posture mainly due to the muscles of the lower extremities and pelvis contributes to the prevention of arterial and venous circulation disorders in the head and neck and makes training not only more effective, but also safer.

Conclusion. Due to the decrease in the amplitude of deviations along all three axes (Z, Y, X), the course of aquatic training contributes to the correction of upright posture maintaining disorders, a statistically significant decrease in the amplitude of head and neck movements.

Keywords: arterial hypertension, sanatorium-resort treatment, rehabilitation, aquatic training, infrared sensor Microsoft Kinect, Habilect

Acknowledgments: The study had no sponsorship.

Conflict of interest: The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Ivanova E.P., Lobanov A.A., Andronov S.V., Fesyun A.D., Rachin A.P., Barashkov G.N., Bogdanova E.N., Grishechkina I.A., Popov A.I., Lebedeva O.D., Yakovlev M.Yu., Sidorov V.V. Fresh Water Aquatic Training in Patients with Upright Posture Maintaining Disorders. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2021; 20 (6): 58-66. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-6-58-66>

For correspondence: Irina A. Grishechkina, e-mail: iz1978@mail.ru

Received: Jul 16, 2021

Accepted: Nov 15, 2021

Поддержание вертикальной позы тела достигается изменением степени тонической активности постуральных мышц. Являясь по своей сути динамическим процессом, оно проявляется в смещении звеньев тела и проекции общего центра давления относительно горизонтальной опоры [1]. В регулировании механизмов поддержания позы тела принимают участие разные звенья центральной нервной системы, которые, в свою очередь, ориентируются на информацию, поступающую от вестибулярных, мышечных, суставных и зрительных рецепторов [2].

Поддержание вертикальной позы зависит от состояния нервно-мышечного аппарата мышц, сенсорной, зрительной, вестибулярной, проприоцептивной афферентации, анатомических особенностей опорно-двигательного аппарата (позвоночника, таза, стопы, нижних конечностей), связочного аппарата внутренних органов и спаячного процесса в брюшной и грудной полости. Однако важнейшим звеном поддержания вертикальной позы тела являются корковые и подкорковые структуры, обеспечивающие анализ поступающей информации и выстраивание оптимального паттерна движений [3].

Лечебная ходьба является эффективным методом восстановления механизмов поддержания вертикальной позы тела. Вместе с тем, у ряда пациентов со смещением центра тяжести тела при ходьбе балансировка тела достигается не за счет движений таза и голени, а за счет усиления роли балансирующих движений головы и шеи. Перенапряжение коротких экстензоров головы, трапециевидных и лестничных мышц может приводить к ухудшению оттока венозной крови по системе яремной вены и ухудшению кровоснабжения в бассейне позвоночных артерий [4]. Нарушение внутричерепного кровообращения может приводить к увеличению артериального давления за счет раздражения вегетативных центров ствола мозга и увеличению риска геморрагических инсультов. Нарушения внутричерепного кровообращения могут проявляться головной болью, головокружением, тахикардией, повышением артериального давления во время ходьбы [5], что значительно снижает комплаенс.

Ходьба в воде (Aquatic Physiotherapy) во многом лишена данных недостатков. При ходьбе в воде мышцы головы и шеи испытывают меньшую нагрузку, так как поддержание положения тела в воде имеет другой мышечный паттерн, что позволяет избежать нежелательных эффектов, связанных с нарушениями внутричерепного кровообращения. Также она является простым, легко воспроизводимым и доступным методом, который может быть легко внедрён в лечебный процесс, при наличии мелководных бассейнов или на побережье морей или других водоемов [6].

Цель исследования. Изучить влияние тренировки в пресной воде на двигательные функции, способствующие поддержанию вертикальной позы тела у пациентов с лёгкими нарушениями стереотипа походки, используя стабилметрическое исследование с применением комплекса «Habilect» на базе инфракрасного сенсора «Microsoft Kinect».

Материал и методы

Исследование проведено на базе соматического отделения и отделений нейрореабилитации ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России в период с марта по октябрь 2020 года. Использован дизайн открытого описательного интервенционного исследования. Все пациенты имели нарушения поддержания вертикальной позы

тела и соответствовали функциональному диагнозу, кодируемому по Международной классификации функционирования «Функции стереотипа походки» b770.1 - легкие нарушения (5–24%) [7]. В исследовании приняли участие 12 пациентов с артериальной гипертензией (I 11.9) и дисциркуляторной энцефалопатией 1 степени (G 93.4), предъявлявшие кроме прочих жалобы на неустойчивость при ходьбе, а при осмотре – нарушения стереотипа походки лёгкой степени. Их медиана возраста составила 52 [34; 65] лет, из них 5 мужчин и 7 женщин (42% и 58% соответственно), медиана стажа заболевания – 3 [2; 9,5] года.

Диагноз «Артериальной гипертензии» и «Дисциркуляторной энцефалопатии» был установлен пациентам амбулаторно в соответствии с действующими клиническими рекомендациями [8, 9] на основании данных анамнеза, клинического терапевтического и неврологического исследования, результатов измерения артериального давления (офисного или суточного мониторинга артериального давления), дуплексного и триплексного сканирования экстракраниальных и интракраниальных сосудов, магнитно-резонансной томографии головного мозга, дополнительно всем пациентам амбулаторно были проведены: общий и биохимический анализы крови, электрокардиография, ЭХОКГ; ультразвуковое исследование щитовидной железы и почек.

Критерии включения пациентов в исследование: мужчины и женщины в возрасте 18–70 лет, страдающие гипертонической болезнью стадии I–II, степени 1–2, с сопутствующим диагнозом – дисциркуляторная энцефалопатия I степени; согласие пациента на участие в исследовании.

Критерии невключения пациентов в исследование: форма ишемической болезни сердца, перенесённая в течение последнего полугодия (острый коронарный синдром, инфаркт миокарда любой локализации); операции по реваскуляризации миокарда (стентирование коронарных артерий, аортокоронарное шунтирование), проведённые менее полугодия назад; острое нарушение мозгового кровообращения, перенесённое менее года назад; стабильная стенокардия III – IV ФК; сердечная недостаточность (показатель ФВЛЖ менее 45%); аневризма аорты; значимые нарушения ритма сердца (желудочковые и наджелудочковые нарушения ритма, пароксизмальные тахикардии, различные формы фибрилляции предсердий и желудочков, атриовентрикулярная блокада II – III ст., синусовая брадикардия), на момент исследования или в анамнезе; все заболевания в острой стадии, хронические заболевания в стадии обострения; острые инфекционные заболевания до окончания срока изоляции; все венерические заболевания в острой или заразной форме; психические заболевания, показанные для стационарного лечения; эпилепсия; все болезни крови в острой стадии и стадии обострения; злокачественные новообразования любой локализации менее 5 лет от момента заболевания; эхинококкоз любой локализации; часто повторяющиеся и обильные кровотечения; рецидивирующий тромбоз; тромбоз эмболическая болезнь; выраженный болевой синдром при поражении нервных корешков, сплетений, нервных стволов; нарушения функции тазовых органов; активность воспалительного процесса при заболевании суставов выше II ст.; хроническая болезнь почек 3Б стадии (при скорости клубочковой фильтрации < 30 мл/мин (СКФ-IPI)); аденома предстательной железы; полипы шейки матки, эндометриоз; кисты яичников; миома матки и генитальный эндометриоз [10].

Критерии исключения пациентов из исследования: отказ пациента продолжать исследование; потеря связи

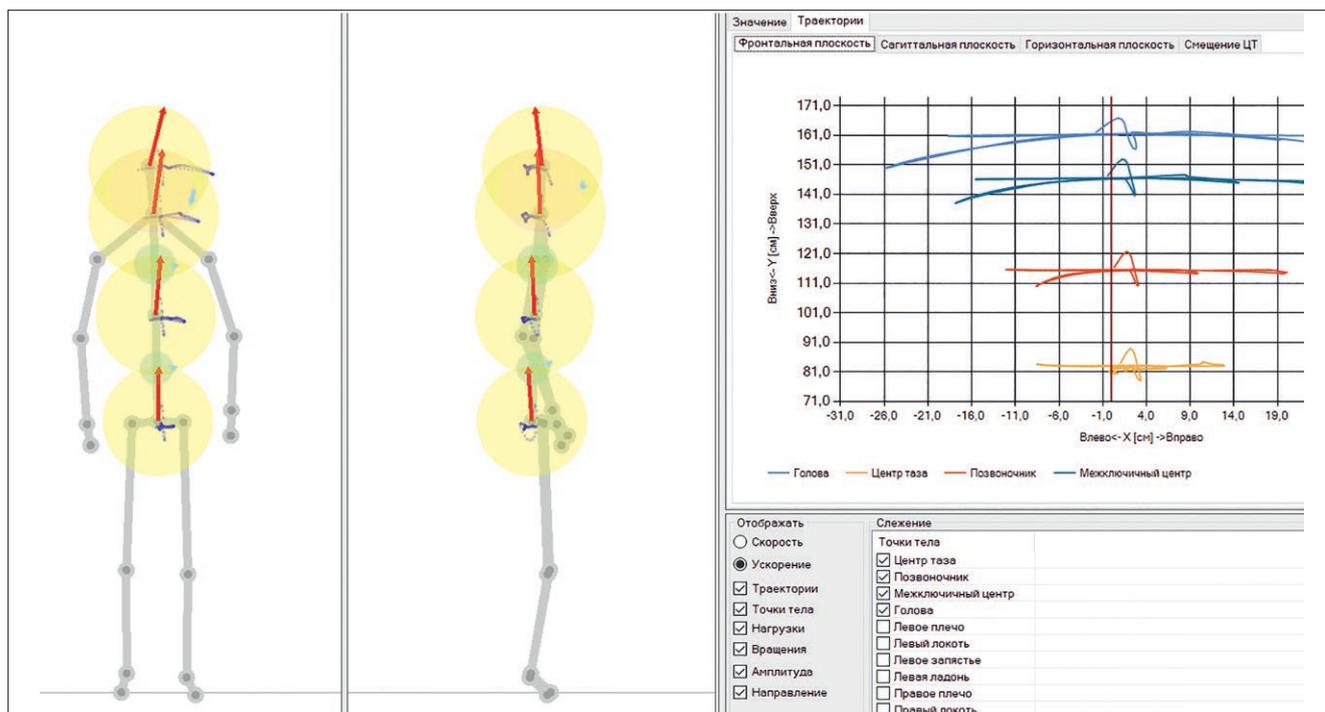


Рис. 1. Схематическое изображение точек измерения, размера и отклонения основных направлений (векторов) движений (слева), траектория движения основных отделов тела (справа) [<https://habilect.com/hmotionlab>]
Fig. 1. Schematic representation of measurement points, size and deviation of the main directions (vectors) of movements (left), trajectory of movement of the main parts of the body (right) [<https://habilect.com/hmotionlab>]

с пациентом (переезд, смена места жительства, контактных данных); ухудшение самочувствия и отрицательная динамика клинико-лабораторных показателей.

Воздействие заключалось в проведении курса аквафитнеса в виде ходьбы в пресной воде: длительность процедуры 30 минут, курс лечения 10 процедур, температура воды в бассейне (30–32°C). Методика включала: ходьбу обычным шагом в воде 10 минут, ходьбу с высоко поднятыми коленями 5 минут, ходьбу с опорой (плавательная доска) 5 минут, ходьбу с сопротивлением (плавательная доска) 5 минут, ходьбу со специальными упорами для рук (вариант с вовлечением мышц верхних конечностей и корпуса) 5 минут.

До начала исследования и после окончания курса исследований проводился контроль результатов, включающий: измерение артериального давления по методу Короткова и показателей стабилметрического исследования. Сравнение проводилось между результатами до и после вмешательства.

Стабилметрическое исследование провели на комплексе «Habilect». Зарегистрированная как медицинское оборудование (РУ №РЗН 2016/5213). Habilect – это мультифункциональная медицинская система на базе высокоточного бесконтактного сенсора «Microsoft Kinect». Камера (сенсор), направленная на пациента, без установки дополнительных датчиков на теле различает 25 основных точек человеческого тела. Habilect записывает и анализирует движение каждой такой точки (рис. 1).

В анализе данных авторы использовали модуль системы N.VrS (виртуальная баланс-платформа) – модуль виртуальной стабиллоплатформы. С помощью N.VrS можно оценить изменение походки пациента, траекторию движения центра масс в горизонтальной, вертикальной и сагиттальной плоскостях [11–12]. Для проведения исследования пациенты становились в заранее определенную

зону на полу и выполняли тестовое упражнение «Ходьба на месте». Время проведения пробы составило 30 секунд.

Для интерпретации результатов исследования определялись следующие параметры: X – координаты положения центра давления во фронтальной плоскости (переднезадняя) (мм); Y – координаты положения центра давления в горизонтальной плоскости (верхне-нижняя) (мм); Z – координаты положения центра давления в сагиттальной плоскости (правая-левая) (мм); L – длина пути статокинезиограммы (мм); V – скорость статокинезиограммы (мм/с). Всего было зарегистрировано и проанализировано 24 статокинезиограммы, при обследовании пациентов до лечения (12) и после курса аквафитнеса (12) (ходьба в пресной воде).

Для оценки статистической достоверности различий между группами качественных переменных использован критерий χ^2 . Анализ количественных переменных был проведен с использованием теста «Shapiro-Wilk's» (W). Ввиду малого объема выборки и аномального распределения данные представлены в виде медианы, нижнего и верхнего квартилей. Статистическую достоверность различий количественных переменных двух изучаемых групп оценивали с использованием T-критерия Вилкоксона (W). Обработка результатов исследований выполнялась с использованием набора стандартных программ, включающих «Microsoft Excel» (Microsoft, США) for Windows и программы «Statistica for Windows» (v. 8.0) (StatSoft Inc., США). Различия считались достоверными при значении достоверной разницы $p < 0,05$.

Исследование поддержано Независимым этическим комитетом (ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России), его протокол (протокол заседания от 27.07.2019 г. №1–5/20) создан и выполнен в соответствии с Хельсинской декларацией. Всеми пациентами были подписано информированное согласие на участие в исследовании.

Результаты и обсуждение

Результаты исследования представлены в таблице 1 и 2. Как видно из таблиц, показатели отклонений по основным осям тела точки головы и центра масс тела, а также направление вектора движения тела после тренировки уменьшались. Что субъективно отмечалось пациентами, как исчезновение неустойчивости при ходьбе.

При расчёте прироста отклонения (отклонения основных осей тела от исходного значения) с помощью Т-критерия Вилкоксона выявлены статистически значимые отклонения тела по оси X (прирост 306,5%, p=0,0504), оси Z (прирост 112,68%, p=0,0225) и параметру Body Angle (прирост 1973,86% p=0,0323)

При расчёте прироста отклонения осей головы от исходного значения с помощью критерия Т-критерия Вилкоксона выявлены статистически значимые отклонения по оси X (прирост 163,04%, p=0,0280), оси Y (прирост 85,71%, p=0,0199) и параметру Z (прирост 173,34% p=0,0292)

Рисунок 2 иллюстрирует графически восстановление двигательной функции пациента А., 50 лет в положении «стоя» до и после курса реабилитации с помощью аква-тренировок в бассейне с пресной водой.

В ходе исследования было выявлено уменьшение амплитуды отклонений осей тела во всех 3 плоскостях, что свидетельствует об улучшении работы всех отделов мозга, отвечающих за координацию двигательных функций и их вегетативное обеспечение, улучшение функционального взаимодействия внутри мышечных цепей.

Улучшение работы мышечных цепей верхней половины туловища заключалось в нормализации работы спиральной цепи тела, включающей грудино-ключично-сосцевидную мышцу, которая играет большую роль в поддержании «вертикальной» оси тела, уменьшении гипертонуса лестничных мышц верхней порции трапециевидной мышцы. Уменьшение гипертонуса данных мышц способствует уменьшению гиперлордоза шейного отдела позвоночника. Следовательно, уменьшало изгиб позвоночных артерий, играющих важную роль в кровоснабжении головного мозга.

Гипертонус лестничных мышц и верхней порции трапеции нередко приводит к компрессии задне-лопаточного нерва и нервов плечевого сплетения, что может привести к гипофункции подлопаточной мышцы, во многом определяющей поддержание «вертикальной оси тела».

Упражнения в воде (курс аква-тренировок), с одной стороны, оказывают мощное тренирующее действие на

Таблица 1. Результаты стабилотрии по центральным осям тела до и после тренировки
Table 1. Results of stabilometry along the central axes of the body before and after training

Параметр / ось тела Parameter / body axis		Ось тела X, см / Body X, cm	Ось тела Y, см / Body Y, cm	Ось тела Z, см / Body Z, cm	Угол тела, см / Body Angle, cm
До тренировки / Before training	Median (Me)	3,25	-29,01	388,1	16,45
	Q ₂₅	-98	-29,01	369,22	7,46
	Q ₇₅	93,9	13,76	393,39	338,67
После тренировки / After training	Median (Me)	-9,96	-30,59	380,96	324,7
	Q ₂₅	-100,92	-30,59	377,98	324,7
	Q ₇₅	-81,96	31,09	400,05	342,56
% отклонения от первоначального значения / % deviation from the original value	Median (Me)	306,5%*	105,45%	112,68%*	1973,86%*
	Q ₂₅	102,98%*	105,45%	102,37%*	4352,55%*
	Q ₇₅	87,28%*	225,95%	101,69%*	101,15%*

Примечание: Данные представлены медианой (Median (Me)) и квантилями (Q25; Q75), анализ различий проведён с помощью Т-критерия Вилкоксона*
Note: The data are presented by the median (Median (Me)) and quartiles (Q25; Q75), the analysis of differences was carried out using the Wilcoxon T-test *

Таблица 2. Результаты стабилотрии по центральным осям точек головы до и после тренировки
Table 2. Results of stabilometry along the central axes of the head points before and after training

Параметр / ось тела Parameter / body axis		Ось головы X, см / Head X, cm	Ось головы Y, см / Head Y, cm	Ось головы Z, см / Head Z, cm
До тренировки / Before training	Median (Me)	-0,92	125,33	-8,59
	Q ₂₅	-1,24	61,13	-8,97
	Q ₇₅	-0,92	128,94	-5,33
После тренировки / After training	Median (Me)	1,5	107,42	-14,89
	Q ₂₅	-10,19	52,49	-14,89
	Q ₇₅	2,38	107,42	-3,45
% отклонения от первоначального значения / % Deviation from the original value	Median (Me)	163,04 %*	85,71 %*	173,34 %*
	Q ₂₅	821,77 %*	85,87 %*	166,00 %*
	Q ₇₅	258,70 %*	83,31 %*	64,73 %*

Примечание: Данные представлены медианой (Median (Me)) и квантилями (Q25; Q75), анализ различий проведён с помощью Т-критерия Вилкоксона*
Note: The data are presented by the median (Median (Me)) and quartiles (Q25; Q75), the analysis of differences was carried out using the Wilcoxon T-test *

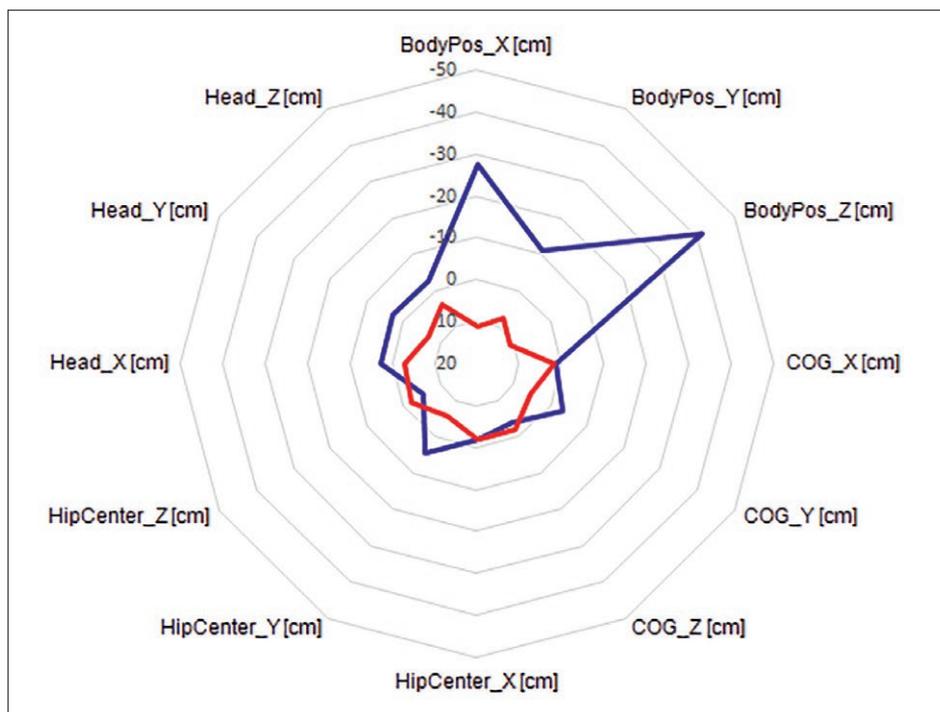


Рис. 2. Результаты стабилотриграммы с обозначением основных осей пациента А, 50 лет до (синяя линия) и после (красная линия)

Fig. 2. Results of the stabilogram showing the main axes of patient A, 50 years old before (blue line) and after (red line)

все мышечные цепи, задействованные в поддержании вертикального положения тела. С другой стороны, позволяют снизить нагрузку на мышцы нижней половины туловища и ног, что уменьшает болевую импульсацию, а следовательно, уменьшает риск травм и падений, а также способствует формированию правильного паттерна ходьбы. Кроме того, механическое воздействие воды на ткани при выполнении упражнений активизирует лимфоток, микрокровооток и клеточный метаболизм [11], что повышает функциональные ресурсы мышц, уменьшает болевые синдромы. Уменьшение участия мышц головы и шеи в компенсаторной балансировке при ходьбе и поддержание вертикальной позы тела преимущественно за счет мышц нижних конечностей и таза способствует профилактике нарушений артериального и венозного кровообращения в области головы и шеи и делает тренировку не только более эффективной, но и безопасной.

Заключение

Системы «Habilect» на базе инфракрасного сенсора Microsoft Kinect является эффективным методом контроля реабилитационных мероприятий, способствующим

улучшению работы мышечных цепей верхней половины туловища (таких как, грудино-ключично-сосцевидная, лестничная, трапециевидная и подлопаточная мышца) и, следовательно, нормализации статодинамических функций. Аквафитнес в бассейне с пресной водой способствует коррекции нарушений поддержания вертикальной позы тела, статистически достоверному снижению амплитуды движений головы и шеи, тем самым, способствуя профилактике нарушений артериального и венозного кровообращения в области головы и шеи, уменьшая болевую импульсацию мышц верхней и нижней половины тела, нормализуя паттерн ходьбы, что делает тренировку не только более эффективной, но и безопасной. Данный метод может быть полезным дополнением к традиционным реабилитационным программам.

Благодарности:

Авторы выражают огромную признательность и благодарность Козлову Алексею Михайловичу, генеральному директору ООО «Хабилект» за сотрудничество и консультации при работе с оборудованием.

Список литературы

1. Kheradmand A., Winnick A. Perception of Upright: Multisensory Convergence and the Role of Temporo-Parietal Cortex Front. *Neurology*. 2017; (8): 552 p. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00552>
2. Рябина К.Е., Исаев А.П. Биомеханика поддержания вертикальной позы (обзор моделей поддержания равновесия). *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура*. 2015; 15(4): 93-98.
3. Zhang L., Feldman A.G., Levin M.F. Vestibular and corticospinal control of human body orientation in the gravitational field. *Journal of Neurophysiology*. 2018; 120(6): 3026-3041. <https://doi.org/10.1152/jn.00483.2018>
4. Максимова М.Ю., Скрялёв С.И., Коцеев А.В., Шипакин В.А., Сеницын И.А., Чечёткин А.О. Недостаточность в артериях вертебро-базиллярной системы при синдроме передней лестничной мышцы. *Анналы экспериментальной и клинической неврологии*. 2018; 12(2): 5-11. <https://doi.org/10.18454/ACEN.2018.2.1>
5. Суслина З.А., Гулевская Т.С., Максимова М.Ю., Моргунов В.А. Нарушения мозгового кровообращения. Диагностика, лечение, профилактика. Москва. МЕД пресс-информ. 2016: 536 с.
6. Барашков Г.Н., Лобанов А.А., Митрошкина Е.Е., Андронов С.В. Ходьба в воде, как метод динамической аквафитнеса, у пациентов с артериальной гипертензией. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2020; 97(6-2): 20 с.
7. Мельникова Е.В., Буйлова Т.В., Бодрова Р.А., Шмонин А.А., Мальцева М.Н., Иванова Г.Е. Использование Международной классификации функционирования (МКФ) в амбулаторной и стационарной медицинской реабилитации: инструкция для специалистов. *Вестник восстановительной медицины*. 2017; 82(6): 7-20.
8. Кобалава Ж.Д., Конради А.О., Недогода С.В. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации. *Российский кардиологический журнал*. 2020; 25(3): 149-218. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-3-3786>
9. Finocchi C., Sassos D. Headache and arterial hypertension. *Neurological Sciences*. 2017; 38(1): 67-72. <https://doi.org/10.1007/s10072-017-2893-x>

10. Мухина А.А., Смирнова М.Д., Бадалов Н.Г. Немедикаментозная коррекция и профилактика метеопатических состояний у больных артериальной гипертензией Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2017; 6(82): 291-294. <https://doi.org/10.18821/1681-3456-2017-16-6-291-294>
11. Иванова Г.Е., Исакова Е.В., Кривошей И.В., Котов С.В., Кубряк О.В. Формирование консенсуса специалистов в применении стабилотрии и биоправления по опорной реакции. Вестник восстановительной медицины. 2019; 89(1): 16-21.
12. Guffanti D., Brunete A., Hernando M., Rueda J., Navarro Cabello E. The Accuracy of the Microsoft Kinect V2 Sensor for Human Gait Analysis. A Different Approach for Comparison with the Ground Truth. *Sensors*. 2020; (20): 4405 c. <https://doi.org/10.3390/s20164405>

References

1. Kheradmand A., Winnick A. Perception of Upright: Multisensory Convergence and the Role of Temporo-Parietal Cortex *Front. Neurology*. 2017; (8): 552 p. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00552>
2. Ryabina K.E., Isaev A.P. Biomechanika podderzhaniya vertikal'noj pozy (obzor modelej podderzhaniya ravnovesiya) [Biomechanics of maintaining an upright posture (review of models of maintaining balance)]. *Series: Education, Health, Physical Education*. 2015; 15(4): 93-98. (In Russ.).
3. Zhang L., Feldman A.G., Levin M.F. Vestibular and corticospinal control of human body orientation in the gravitational field. *Journal of Neurophysiology*. 2018; 120(6): 3026-3041. <https://doi.org/10.1152/jn.00483.2018>
4. Maksimova M.Yu., Skrylev S.I., Koshcheev A.Yu., Shchipakin V.L., Sinycin I.A., Chechetkin A.O. Nedostatochnost' v arteriyah vertebro-bazilyarnoj sistemy pri sindrome perednej lestnichnoj myshcy. [Vertebrobasilar insufficiency with underlying scalenus syndrome]. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2018; 12(2): 5-11. <https://doi.org/10.18454/ACEN.2018.2.1> (In Russ.).
5. Suslina Z.A., Gulevskaya T.S., Maksimova M.Yu., Morgunov V.A. Narusheniya mozgovogo krovoobrashcheniya. Diagnostika, lechenie, profilaktika [Cerebral circulation disorders. Diagnostics, treatment, prevention]. Moscow. MEDpress-inform. 2016: 536 p. (In Russ.).
6. Barashkov G.N., Lobanov A.A., Mitroshkina E.E., Andronov S.V. Hod'ba v vode, kak metod dinamicheskoy akvaterapii, u pacientov s arterial'noj gipertenziej [Walking in water as a method of dynamic aquatherapy in patients with arterial hypertension]. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2020; 97(6-2): 20 p. (In Russ.).
7. Mel'nikova E.V., Bujlova T.V., Bodrova R.A., Shmonin A.A., Mal'ceva M.N., Ivanova G.E. Ispol'zovanie Mezhdunarodnoj klassifikacii funkcionirovaniya (MKF) v ambulatornoj i stacionarnoj medicinskoj reabilitacii: instrukciya dlya specialistov [The use of the International Classification of Functioning (ICF) in outpatient and inpatient medical rehabilitation: instructions for specialists. Herald of regenerative medicine]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2017; 82 (6): 7-20 (In Russ.).
8. Kobalava Zh.D., Konradi A.O., Nedogoda S.V. et al. Arterial'naya gipertenziya u vzroslykh. Klinicheskie rekomendacii [Arterial hypertension in adults. Clinical guidelines]. *Russian Journal of Cardiology*. 2020; 25(3): 3786 p. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-3-3786> (In Russ.).
9. Finocchi C., Sassos D. Headache and arterial hypertension. *Neurological Sciences*. 2017; 38(1): 67-72. <https://doi.org/10.1007/s10072-017-2893-x>
10. Muhina A.A., Sмирнова М.Д., Бадалов Н.Г. et al. Немедикаментозная коррекция и профилактика метеопатических состояний у больных артериальной гипертензией [Non-drug correction and prevention of meteoropathic conditions in patients with arterial hypertension]. *Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*. 2017; 82(6): 291-294. <https://doi.org/10.18821/1681-3456-2017-16-6-291-294> (In Russ.).
11. Иванова Г.Е., Исакова Е.В., Кривошей И.В., Котов С.В., Кубряк О.В. Формирование консенсуса специалистов в применении стабилотрии и биоправления по опорной реакции [Formation of a consensus of specialists in the application of stabilometry and biofeedback on the support reaction]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2019; 89(1): 16-21 (In Russ.).
12. Guffanti D., Brunete A., Hernando M., Rueda J., Navarro Cabello E. The Accuracy of the Microsoft Kinect V2 Sensor for Human Gait Analysis. A Different Approach for Comparison with the Ground Truth. *Sensors*. 2020; (20): 4405 c. <https://doi.org/10.3390/s20164405>

Информация об авторах:

Иванова Елена Павловна, кандидат медицинских наук, руководитель отдела международных связей и общественной деятельности, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: IvanovaEP@nmicrk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2781-4325>

Лобанов Андрей Александрович, доктор медицинских наук, начальник отдела изучения механизмов действия физических факторов, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: alobanov89@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6615-733X>

Андронов Сергей Васильевич, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела изучения механизмов действия физических факторов, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: sergius198010@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5616-5897>

Фесюн Анатолий Дмитриевич, доктор медицинских наук, и.о. директора, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: fad68@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

Рачин Андрей Петрович, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: andrey_ratchin@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4266-0050>

Барашков Глеб Николаевич, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: BarashkovGN@nmicrk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3612-3005>

Богданова Елена Николаевна, кандидат экономических наук, кандидат филологических наук, доцент кафедры экономики и управления, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова.

E-mail: elena.bogdanova@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9610-4709>

Гришечкина Ирина Александровна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела изучения механизмов действия физических факторов, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: GrishechkinalA@nmicrk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4384-2860>

Попов Андрей Иванович, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела изучения механизмов действия физических факторов, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: PopovAI@nmicrk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0614-8116>

Лебедева Ольга Даниаловна, доктор медицинских наук, главный научный сотрудник, профессор кафедры физической терапии и медицинской реабилитации, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: LebedevaOD@nmicrk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4435-2273>

Яковлев Максим Юрьевич, кандидат медицинских наук, руководитель научно-исследовательского управления, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: masdat@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9996-6176>

Сидоров Виктор Васильевич, кандидат технических наук, генеральный директор Научно-производственное предприятие «ЛАЗМА».

E-mail: victor.v.sidorov@gmail.com

Вклад авторов:

Иванова Е.П. – разработка дизайна исследования, написание текста, участие в одобрении окончательной версии статьи; Лобанов А.А. – обзор публикаций по теме статьи, отбор и обследование пациентов, интерпретация данных, статистическая обработка данных, написание текста, участие в одобрении окончательной версии статьи; Андронов С.В. – обзор публикаций по теме статьи, отбор и обследование пациентов, интерпретация данных, статистическая обработка данных, написание текста, участие в одобрении окончательной версии статьи; Фесюн А.Д. – разработка дизайна исследования, участие в одобрении окончательной версии статьи; Рачин А.П. – разработка дизайна исследования, участие в одобрении окончательной версии статьи; Барашков Г.Н. – обзор публикаций по теме статьи, отбор и обследование пациентов, участие в одобрении окончательной версии статьи; Богданова Е.Н. – обзор публикаций по теме статьи, отбор и обследование пациентов, участие в одобрении окончательной версии статьи; Гришечкина И.А. – обзор публикаций по теме статьи, отбор и обследование пациентов, интерпретация данных, статистическая обработка данных, написание текста, участие в одобрении окончательной версии статьи; Попов А.И. – обзор публикаций по теме статьи, отбор и обследование пациентов, участие в одобрении окончательной версии статьи; Лебедева О.Д. – обзор публикаций по теме статьи, отбор и обследование пациентов, написание текста, участие в одобрении окончательной версии статьи; Яковлев М.Ю. – разработка дизайна исследования, написание текста, участие в одобрении окончательной версии статьи; Сидоров В.В. – разработка дизайна исследования, участие в одобрении окончательной версии статьи.

Information about the authors:

Elena P. Ivanova, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of International Relations and Public Activities, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: IvanovaEP@nmicrk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2781-4325>

Andrey A. Lobanov, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department for Studying of the Physical Factors Action Mechanisms, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: alobanov89@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6615-733X>

Sergey V. Andronov, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher of the Department for Studying of the Physical Factors Action Mechanisms, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: sergius198010@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5616-5897>

Anatoliy D. Fesyun, Dr. Sci. (Med.), Acting Director, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: fad68@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

Andrey P. Rachin, Dr. Sci. (Med.), Professor, Deputy Director for Science, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: andrey_rachin@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4266-0050>

Gleb N. Barashkov, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Department of Physiotherapy and Reflexology, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: BarashkovGN@nmicrk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3612-3005>

Elena N. Bogdanova, Cand. Sci. (Phil.), Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Department of Economics and Management, Northern Arctic Federal University.

E-mail: elena.bogdanova@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9610-4709>

Irina A. Grishechkina, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher of the laboratory for studying the mechanisms of action of physical factors, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: GrishechkinalA@nmicrk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4384-2860>

Andrey I. Popov, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department for Studying of the Physical Factors Action Mechanisms, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: PopovAI@nmicrk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0614-8116>

Olga D. Lebedeva, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Professor, Department of Physical Therapy and Medical Rehabilitation, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: LebedevaOD@nmicrk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4435-2273>

Maxim Yu. Yakovlev, Cand. Sci. (Med.), Head of the Research Department, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: masdat@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9996-6176>

Viktor V. Sidorov, Cand. Sci. (Tech.), General Director, LAZMA Research and Production Enterprise.
E-mail: victor.v.sidorov@gmail.com

Contribution:

Ivanova E.P. – research design development, text writing, participation in the approval of the final version of the article; Lobanov A.A. – review of publications on the topic of the article, selection and examination of patients, interpretation of data, statistical processing of data, writing of text, participation in the approval of the final version of the article; Andronov S.V. – review of publications on the topic of the article, selection and examination of patients, interpretation of data, statistical processing of data, writing of text, participation in the approval of the final version of the article; Fesyun A.D. – research design development, participation in the approval of the final version of the article; Rachin A.P. – research design development, participation in the approval of the final version of the article; Barashkov G.N. – review of publications on the topic of the article, selection and examination of patients, participation in the approval of the final version of the article; Bogdanova E.N. – review of publications on the topic of the article, selection and examination of patients, participation in the approval of the final version of the article; Grischechkina I.A. – review of publications on the topic of the article, selection and examination of patients, interpretation of data, statistical processing of data, writing of text, participation in the approval of the final version of the article; Popov A.I. – review of publications on the topic of the article, selection and examination of patients, participation in the approval of the final version of the article; Lebedeva O.D. – review of publications on the topic of the article, selection and examination of patients, writing the text, participation in the approval of the final version of the article; Yakovlev M.Yu. – research design development, text writing, participation in the approval of the final version of the article; Sidorov V.V. – research design development, participation in the approval of the final version of the article.

