

Велоэргометрическое доплеровское исследование мозгового кровотока после бальнеологической пантовой коррекции вазомоторной ауторегуляции

В.А. Авхименко, А.Б. Тривоженко

Сибирский федеральный научно-клинический центр ФМБА России
636000, г. Северск, ул. Мира, 4

Резюме

Цель исследования – оценить изменение индуцированного велоэргометрией (ВЭМ) динамического состояния пиковой скорости кровотока (Vps) и резистентного индекса (RI) в средней мозговой артерии после бальнеотерапии артериальной гипертензии пантами алтайского марала. **Материал и методы.** Обследована малая когорта пациентов ($n = 48$) с артериальной гипертензией I–II степени в возрасте 56 [50–59] лет (медиана [нижняя квартиль–верхняя квартиль]). В процессе дуплексного исследования средней мозговой артерии регистрировалась Vps, RI в положении лежа, сидя и в течение ВЭМ. **Результаты.** В положении лежа Vps была равна 100 [95–105] см/с, RI – 0,62 [0,58–0,64], на велоэргометре Vps снижалась на 20 % и составляла 80 [77–85] см/с. В процессе ВЭМ средней интенсивности (60 Вт для женщин и 90 Вт для мужчин) Vps увеличивалась на 45 %, до 115 [112–120] см/с, RI возрастал до 0,73 [0,71–0,75]. На максимуме нагрузки наблюдалось уменьшение Vps на 25 % (до 88 [86–92] см/с), RI не менялся. После пантовой бальнеотерапии Vps в положении лежа уменьшилась до 87 [82–92] см/с ($p = 0,0001$), это произошло за счет улучшения микроциркуляции, подтверждаемого снижением RI до 0,52 [0,50–0,53] ($p = 0,0001$). В меньшей степени происходило и ортостатическое падение Vps у данных пациентов. Средненагрузочный рост Vps регистрировался с более высокой амплитудой (до 60 %), оказавшись на уровне 122 [120–125] см/с. На максимуме нагрузки Vps снижалось на 30 % от средне-нагрузочного показателя, до 85 [82–86] см/с. **Заключение.** Велоэргометрическое доплеровское исследование кровотока в средней мозговой артерии является репрезентативным методом оценки динамического состояния ауторегуляции и может быть использовано для диагностического аудита физиотерапии. Пантовая бальнеотерапия продуктами алтайского марала оказывает позитивное воздействие на церебральную вазомоторную функцию.

Ключевые слова: велоэргометрия, доплерография средней мозговой артерии, пантовая бальнеотерапия, вазомоторная ауторегуляция.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Автор для переписки: Тривоженко А.Б., e-mail: borisah@yandex.ru

Для цитирования: Авхименко В.А., Тривоженко А.Б. Велоэргометрическое доплеровское исследование мозгового кровотока после бальнеологической пантовой коррекции вазомоторной ауторегуляции. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2023;43(6):70–77. doi: 10.18699/SSMJ20230608

Veloergometric Doppler study of brain blood circulation after balneological antler correction of vasomotor autoregulation

V.A. Avkhimenko, A.B. Trivozhenko

Siberian Federal Scientific and Clinical Center of FMBA of Russia
636000, Seversk, Mira st., 4

Abstract

The aim of the study was to evaluate the change in veloergometry (VEM)-induced dynamic state of peak blood flow velocity (Vps) and resistance index (RI) in the middle cerebral artery after balneotherapy of arterial hypertension with Altai red deer antlers. **Material and methods.** A small cohort of patients ($n = 48$) with grade I–II arterial hypertension aged 56 [50–59] years (median [lower quartile–upper quartile]) was examined. In the course of the duplex research of middle cerebra artery Vps, RI in a prone position, sitting and during a bicycle exercise were registered. **Results.** In a

prone position Vps was 100 [95–105] cm/s, RI – 0.62 [0.58–0.64]; on the cycle ergometer Vps decreased by 20 % and was 80 [77–85] cm/s. In the course of bicycle exercises of average intensity (60 W for women and 90 W for men), Vps increased by 45 %, to 115 [112–120] cm/s, RI increased to 0.73 [0.71–0.75]. On a maximum exercise loading Vps reduced by 25 % up to 88 [86–92] cm/s, RI did not change. After antler balneotherapy Vps in a prone position decreased and was equal 87 [82–92] cm/s ($p = 0.0001$), it occurred due to the improvement of microcirculation confirmed by decrease in RI to 0.52 [0.5–0.53] ($p = 0.0001$). To a lesser extent there was also an orthostatic falling of Vps at these patients. In the course of bicycle exercises of average intensity, Vps was registered with higher amplitude (up to 60 %, 122 [120–125] cm/s). On a maximum of bicycle exercise Vps decreased by 30 % of an average and was equal to 85 [82–86] cm/s. **Conclusions.** Veloergometric Doppler study of a blood-groove in a middle cerebra artery is a representative method for assessing the dynamic state of autoregulation and can be used for diagnostic audit of physical therapy. The antler balneotherapy of the Altai maral products makes positive impact on cerebral vasomotor function.

Key words: bicycle exercise, middle brain artery dopplerography, antler balneotherapy, vasomotor autoregulation.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Correspondence author: Trivozhenko A.B., e-mail: borisah@yandex.ru

Citation: Avkhimenko V.A., Trivozhenko A.B. Veloergometric Doppler study of brain blood circulation after balneological antler correction of vasomotor autoregulation. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal*. 2023;43(6):70–77. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20230608

Введение

Позитивная тенденция развития санаторно-курортного направления в различных регионах Российской Федерации, обусловленная политикой сохранения и улучшения состояния здоровья населения страны, вполне очевидна. В Сибирском федеральном округе новые методы восстановительного лечения природными факторами Алтайского края и продуктами пантового оленеводства продемонстрировали несомненный адаптогенный эффект в комплексной терапии гипертонической болезни, синдрома перетренированности у спортсменов, а также в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний у работников радиационно-опасных производств [1–3].

Вместе с тем одним из ограничений курортологии и физиотерапии представляется отставание в разработке новых методов оценки итогов инновационных терапевтических мероприятий и способов восстановительного лечения. Как и прежде, определение их эффективности зачастую базируется на минимальных наборах клиничко-лабораторных данных, а также устаревших методах функциональной диагностики. Многочисленные опросники, индексированные шкалы самонаблюдений и физикальных осмотров сегодня выглядят историческими [4]. Применение фундаментальных диагностических методов, базирующихся на регистрации электрофизиологических потенциалов кровообращения, динамической электрокардиографии и тонометрии, при всем уважении к традициям, в современных условиях уже представляется недостаточным, учитывая тенденцию внедрения визуализирующих технологий [5, 6].

В данном ключе обращает на себя внимание стремительное развитие диагностических ультразвуковых методов с возможностью изучения мор-

фофункциональных компонентов глобального и регионального кровообращения. При очевидной простоте, высокой мобильности, возможности проведения многократных исследований без лучевой нагрузки на пациентов и медицинский персонал, доплеровские технологии позволяют регистрировать высокочувствительные показатели системного, внутриорганного и регионального кровотока. Обозначенные методы удачно встраиваются в процесс диагностического аудита результатов физиотерапевтических инноваций. Так, аппараты нового поколения преодолевают костные ограничения и позволяют регистрировать гемодинамические параметры в артериях основания головного мозга, причем технологически это возможно в любых состояниях человека: в покое, при проведении велоэргометрии (ВЭМ), в процессе интенсивной терапии, после нейрохирургических операций и т.д. [7–10].

Для пациентов с артериальной гипертензией (АГ), численность которых по данным эпидемиологических наблюдений неуклонно увеличивается, исключительную важность представляют нарушения в системе ауторегуляции мозгового кровообращения (потенциальной способности поддержания цереброваскулярного гомеостаза в условиях изменяющегося артериального давления). При физической нагрузке или резком изменении положения тела у обозначенных пациентов наблюдается неадекватное изменение мозгового кровотока [11]. Малоизученным остается вопрос возможной коррекции системы церебрального кровообращения у лиц с АГ в процессе бальнеотерапии пантами алтайского марала.

Таким образом, была определена цель исследования: оценить изменение ВЭМ-индуцированного динамического состояния пиковой скорости кровотока и резистентного

индекса в средней мозговой артерии после бальнеотерапии АГ пантами алтайского марала.

Материал и методы

Материал НИР выполнен с соблюдением этических норм, пациентами были подписаны информированные согласия в форме, разработанной юридическим отделом ФГБУ Сибирский федеральный научно-клинический центр ФМБА России, утвержденной Генеральным директором.

Обследована малая когорта пациентов ($n = 48$), включающая 27 мужчин и 21 женщину в возрасте от 44 до 62 лет (56 [50–59] лет, медиана [нижняя квартиль – верхняя квартиль]), страдающих АГ I–II степени по классификации ВОЗ/МОГ (ACC/AHA-2017 Hypertension Guidelines). Критериями включения больных в исследование были верифицированная АГ, медикаментозное лечение с использованием переносимой комбинации двух–трех гипотензивных препаратов различных классов [12], документированное добровольное согласие. Противопоказаниями для включения в исследования служили технические и клинические препятствия для транскраниального дуплексного исследования мозговых артерий и проведения ВЭМ, любые формы ИБС, значимые нарушения ритма и/или проводимости, нарушения мозгового кровообращения, хроническая сердечная недостаточность, черепно-мозговые травмы, противопоказания для пантовой бальнеотерапии и физиотерапевтических процедур.

В общей совокупности обследуемых 25 (52 %) человек страдали ожирением I степени с индексом массы тела 30–40 кг/м², 34 (70 %) пациента жаловались на периодические головные боли разной интенсивности, у 17 (35 %) добровольцев возникала незначительная одышка при физической нагрузке, а у 18 (37 %) человек регистрировался повышенный уровень холестерина в крови. Все пациенты характеризовались стабилизированными параметрами систолического (САД) и диастолического артериального давления (ДАД): офисное САД измерялось с размахом 130–155 мм рт. ст. (140 [135–145] мм рт. ст.), ДАД – 85–100 мм рт. ст. (90 [85–95] мм рт. ст.).

Для проведения диагностических инструментальных исследований использовалась специализированная рабочая станция, включающая ультразвуковой аппарат экспертного класса (VIVID E9, GE, США), велоэргометр (AEROBIKE, Япония), компьютерный электрокардиограф (Альтоника, Россия). До начала исследования каждому пациенту регистрировалась ЭКГ и проводилась эхокардиография.

Транскраниальное дуплексное сканирование мозговых артерий осуществлялось с помощью

секторального датчика 2,5–4 мГц через темпоральный доступ. Исследование выполнялось в положении пациента лежа, затем сидя на велоэргометре и перманентно в течение всей процедуры ВЭМ. Регистрировалась пиковая скорость кровотока (V_{ps}), а также индекс резистентности (RI) в сегменте M1 средней мозговой артерии (СМА). ВЭМ проводилась в режиме ручного тарирования нагрузки в виде ступенчато возрастающей пробы с мощностью 30–60–90–120–150 Вт по 5 минут на каждой ступени. Проба прекращалась в момент достижения субмаксимальной возрастной частоты сердечных сокращений (ЧСС) = $0,85 \times (220 - \text{возраст пациента})$, и/или достижения САД 220 мм рт. ст., при появлении нарушений ритма, ишемических изменений конечной части желудочкового комплекса на ЭКГ или в случае чрезмерной усталости, одышки, мышечного истощения.

Корректировка угла доплеровской инсонации не проводилась (0°), учитывая малые значения («луч – гемодинамическое отклонение»). Также представлялось нецелесообразным измерение усредненных по времени пиковой и средней скорости кровотока, требующих проведения аппаратно-искажаемой или мануально-неточной спектральной трассировки. Обозначенный упрощенный подход повышал воспроизводимость метода для его применения в качестве средства диагностического контроля эффективности терапевтических мероприятий.

Все исходные и нагрузочные параметры измерялись в левой СМА, V_{ps} , RI, а также ЧСС и АД регистрировались на завершающем этапе каждой ступени ВЭМ, при этом вращение педалей эргометра не прекращалось, технологически это достигалось за счет подъема и разворота интерфейсной панели аппарата на необходимую высоту (рис. 1).

После проведения обозначенных предварительных исследований 22 человека были направлены в НИИ курортологии и физиотерапии для проведения бальнеотерапии, которая осуществлялась с применением водного электроимпульсного экстракта пантов марала. Для приготовления экстракта подготовленные измельченные панты экстрагировались электродинамическим методом на установке электроимпульсной экстракции, на одну ванну использовалось 200 г пантов. Обозначенное лечение было одобрено заседанием локального этического комитета ФГБУ Сибирский федеральный научно-клинический центр ФМБА России, протокол № 9 от 05.02.2019. Экстрагирование биокomпонентов утверждено в методических рекомендациях ранее проведенной НИР на тему «Клинико-экспериментальное обоснование комплексного применения лечебных физических

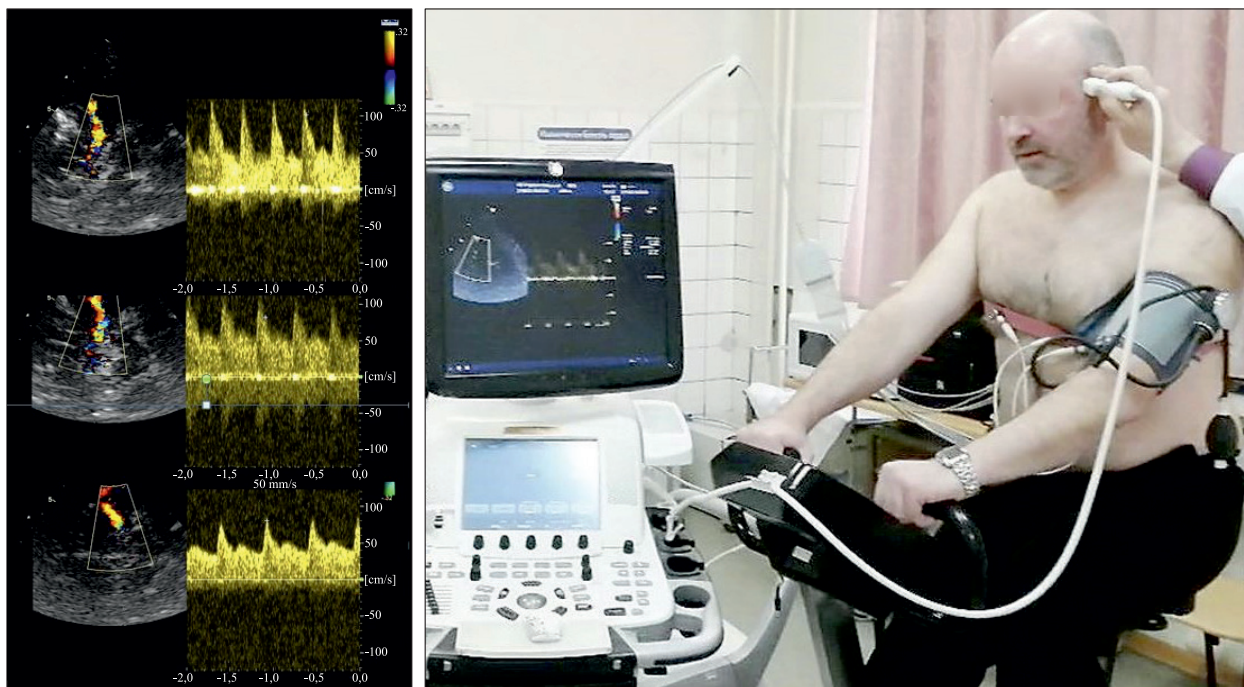


Рис.1. Технология ортопозиционного велострессового измерения кровотока в СМА и нагрузочный рост спектрального потока в режиме «Покой – ВЭМ 60 Вт – ВЭМ 90 Вт» (левая панель, снизу вверх)

Fig. 1. Technology of ortho-position bicycle-stressful measurement of a blood-groove in middle cerebra artery and load growth of a spectral stream in the "Rest – bicycle 60 W – bicycle 90 W" mode (the left panel, from below-up)

факторов, продуктов пантового оленеводства и пробиотических продуктов в оздоровлении лиц с факторами риска и компонентами метаболического синдрома». Оставшиеся 26 пациентов обозначенных процедур не получали, ведя привычный образ жизни с медикаментозной коррекцией АГ. Таким образом, выбранная когорта разделилась на две соразмерные группы сопоставимого возраста и пола.

Контрольные исследования мозгового кровообращения осуществлялись через 30–40 дней в тех же условиях, с применением того же оборудования и тем же медицинским персоналом.

Учитывая относительно малое количество наблюдений в выборках, анализ распределения переменных не проводился, а данные представлялись в виде минимальных и максимальных значений дистрибутивов, медианы, нижней и верхней квартили (Me [LQ–HQ]). Для определения достоверности различий независимых выборок применялся непараметрический U-критерий Манна – Уитни. Нулевые гипотезы отвергались при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты

В процессе предварительно поведенных ЭКГ и эхокардиографии существенных кардиологических изменений не обнаружено. У 10 (20 %) че-

ловек регистрировались признаки гипертрофии левого желудочка в виде повышенного индекса Соколова – Лайона с малой инверсией асимметричной «волны Т», у 4 (8 %) и 6 (12 %) пациентов выявлялась редкая желудочковая или суправентрикулярная экстрасистолия соответственно. Ультразвуковые признаки несущественной гипертрофии левого желудочка присутствовали у 14 (29 %) человек с индексом массы миокарда от 110 до 125 г/м² (117 [112–120] г/м²), минимальная дилатация левого предсердия наблюдалась у 9 (18 %) пациентов, нарушение диастолической функции I типа в виде пролонгированной релаксации с напряженной предсердной систолой – у 25 (52 %) обследованных. Эквивалентов застойной легочной гипертензии обнаружено не было, давление заклинивания находилось в пределах 8–14 мм рт. ст. (11 [9–12] мм рт. ст.). Минимальные дегенеративные изменения оснований клапанных створок без нарушения функции присутствовали у 8 (16 %) человек. Ультразвуковой экспресс-осмотр сонных артерий выявил признаки нестенозирующего атеросклероза в виде утолщений интимы и мелких бляшек, не влияющих на кровотоки, у 7 (14 %) обследуемых лиц.

Применение ультразвукового аппарата с высокой проникающей способностью и чувствительными доплеровскими режимами позволило

успешно визуализировать СМА в 100 % случаев с высоким качеством отображенных сигналов. При нахождении пациента в положении лежа его Vps измерялась в пределах от 90 до 110 см/с (100 [95–105] см/с), RI – от 0,55 до 0,68 (0,62 [0,58–0,64]), межгрупповых различий не обнаружено. Vps обследованных в положении сидя на велоэргометре снижалась в среднем на 20 % и регистрировалась в диапазоне 70–94 см/с (81 [77–85 см/с]), вертикальное положение вызывало закономерное перераспределение кровотока, при этом RI существенно не изменялся и находился в пределах 0,57–0,68 (0,64 [0,62–0,65]).

В процессе ВЭМ средней интенсивности, которая составляла 60 Вт для женщин и 90 Вт для мужчин, Vps закономерно увеличивалась без межгрупповых различий и регистрировалась с размахом 100–125 см/с (115 [112–120] см/с), при этом эквивалентно возрастал RI, он находился в диапазоне 0,68–0,78 (0,73 [0,71–0,75]). На пике нагрузки наблюдалось уменьшение Vps до 83–105 см/с (88 [86–92] см/с), а RI не менялся и просматривался с размахом 0,64–0,78 (0,69 [0,67–0,72]).

Таким образом, нагрузочный паттерн мозговой гемодинамики в обследуемой когорте пациентов выглядел следующим образом:

[Const Vps (лежа) – ↓ Vps $\Delta \approx 20$ % (сидя) –
– ↑ Vps $\Delta \approx 45$ % (ВЭМ 60–90 Вт) – ↓ Vps $\Delta \approx$
 ≈ 25 % (ВЭМ 100–120 Вт)],

где Δ – изменение Vps по отношению к предшествующему измерению (%), ↓ и ↑ – соответственно понижение или повышение.

Обнаруженный феномен снижения Vps на пике ВЭМ, следующий за ростом скоростного показателя в ответ на нагрузку средней интенсивности, объяснялся включением системы мозговой ауторегуляции [5], а также закономерной нагрузочной децентрализацией кровообращения с увеличением мышечной перфузии. Типичный пример нагрузочного изменения спектра кровотока в СМА представлен на рис. 2.

Пантовый физиотерапевтический цикл в среднем составил 20–25 процедур, как показали наблюдения, все пациенты хорошо переносили назначенное восстановительное лечение, большинство из них завершили бальнеотерапевтический курс с ощутимым изменением структуры жалоб. В процессе приема ванн отмечалось уменьшение частоты выявления головных болей, слабости и утомляемости.

При проведении контрольных измерений кровотока в СМА в положении лежа у пациентов I группы Vps находилась в диапазоне 75–96 см/с (87 [82–92] см/с), у пациентов II группы – 85–107 см/с (100 [96–104] см/с), бальнеотерапия способствовала достоверному снижению скоростного показателя ($p = 0,0001$), возможно, это произошло за счет улучшения микроциркуляции и нормализации мозгового метаболизма, характеризующегося уменьшением потребления кислорода. Параллельно наблюдалось снижение RI, который вычислялся с размахом 0,47–0,53 (0,52 [0,5–0,53]), у пациентов II группы данный показатель почти не изменился и находился в пределах 0,55–0,68 (0,61 [0,6–0,63]), а межгрупповые

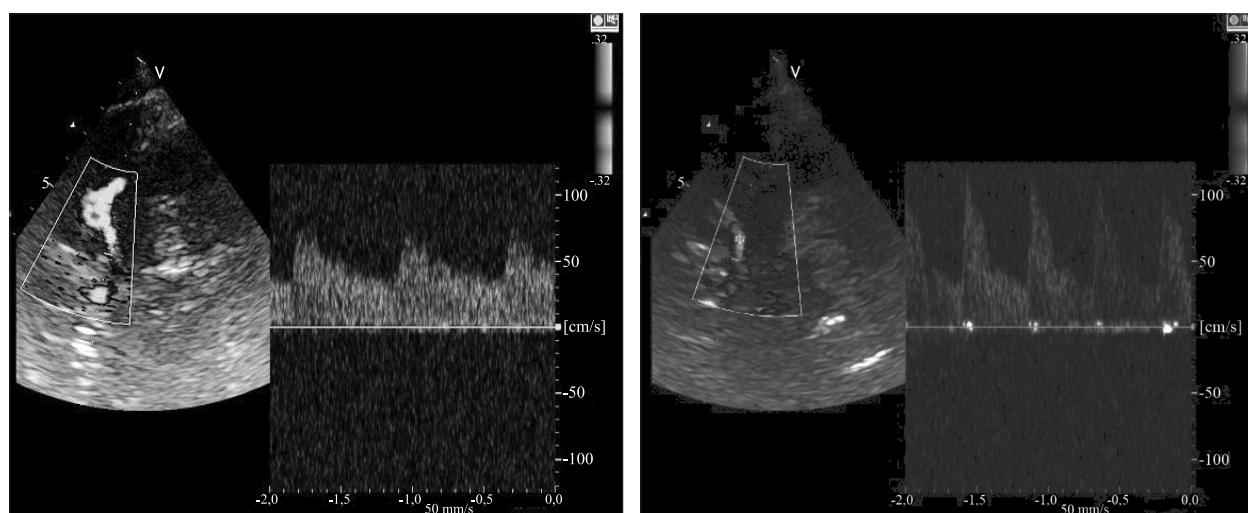


Рис. 2. «Исходный» (слева; Vps = 75 см/с, RI = 0,5) и «Нагрузочный 90 Вт» (справа; Vps = 110 см/с, RI = 0,65) доплеровские спектры в СМА у пациента Б. 55 лет

Fig. 2. «Initial» (at the left; Vps = 75 cm / c, RI = 0,5) and «Bicycle exercises 90 W» (on the right; Vps = 110 cm/c with, RI = 0,65) Doppler spectrums in middle brain artery at the patient B.55 years

различия оказались статистически значимыми ($p = 0,0001$). Обозначенное наблюдение, скорее всего, было обусловлено уменьшением периферического сосудистого сопротивления в процессе нормализации мозговой микроциркуляции. Физиотерапевтические процедуры оказали влияние и на ортостатическое снижение V_{ps} , которое у пациентов I группы, находившихся в положении сидя на велоэргометре, происходило в меньшей степени, измерялось в пределах 70–82 (75 [73–78]) и составило около 15 %.

В процессе контрольной ВЭМ наблюдался аналогичный средненагрузочный рост V_{ps} , но с более высокой амплитудой, на уровне 60 %, скоростной показатель просматривался в пределах 115–130 см/с (122 [120–125] см/с), RI находился в диапазоне 0,64–0,72 (0,68 [0,67–0,7]) и существенно не изменился. На пике ВЭМ V_{ps} у обследованных I группы снижалась в среднем на 30 % от средненагрузочного показателя и регистрировалась с размахом 76–90 см/с (85 [82–86] см/с).

Таким образом, анализируемый гемодинамический паттерн у данной категории лиц после курсовой пантовой бальнеотерапии трансформировался и представлялся в виде:

$$\begin{aligned} & [\text{Const } V_{ps} (\text{лежа}) - \downarrow V_{ps} \Delta \approx 15 \% (\text{сидя}) - \\ & - \uparrow V_{ps} \Delta \approx 60 \% (\text{ВЭМ } 60\text{--}90 \text{ Вт}) - \downarrow V_{ps} \Delta \approx \\ & \approx 30 \% (\text{ВЭМ } 100\text{--}120 \text{ Вт})] \end{aligned}$$

Необходимо добавить, что проведенная бальнеотерапия оказала несущественное позитивное влияние и на физическую работоспособность; так, на 9 % возросла толерантность к физической нагрузке, которая до пантового лечения регистрировалась в диапазоне 78–108 (90 [84–96] Вт), а после него – в пределах 80–120 Вт (98 [90–108] Вт) ($p = 0,01$).

Кроме этого, традиционно измерялось АД на этапах ВЭМ. При проведении исходного нагрузочного исследования САД на пике пробы регистрировалось в пределах от 190 до 220 мм рт. ст. (210 [206–220] мм рт. ст.). После курсового лечения пороговые нагрузочные значения обозначенного показателя оказались достоверно ниже ($p < 0,0001$), при проведении контрольного нагрузочного исследования пиковое САД измерялось в пределах 165–200 мм рт. ст. (180 [175–185] мм рт. ст.). Однако процентный рост наблюдался без статистических различий, в процессе исходного исследования он составил 52 [47–55] %, а в процессе контрольного – 48 [39–52] % ($p = 0,079$). Данный феномен объясняется различиями САД в состоянии физического покоя, так как комплексная медикаментозно-физиотерапевтическая коррекция способствовала его стабилизации.

Обсуждение

Неотъемлемой проблемой процесса физиотерапии и медицинской реабилитации в учреждениях санаторно-курортной медицины представляется недостаточно репрезентативная объективизация терапевтических итогов. Общеизвестно, что клинический инструментально-диагностический комплекс сердечно-сосудистого направления характеризуется значительной широтой диапазона – одни методы используются для верификации диагноза, другие – для оценки эффективности проводимого терапевтического или хирургического лечения. Вполне очевидно, что обозначенный подход может быть экстраполирован в сферу медицинской реабилитации, при этом необходим тщательный выбор методов и критериев для формирования оптимального диагностического контроля. С одной стороны, следует избегать перегруженности многочисленностью средств такого контроля, с другой стороны, необходимо выбрать методы точного истолкования результатов восстановительного лечения. Для реабилитации пациентов с АГ ключевое значение имеет определение морфофункционального состояния артериального сосудистого русла, снабжающего жизненно важные органы. Вполне очевидно, что у данной категории лиц критически важным является динамический статус церебрального кровообращения, определяемый в процессе проведения настоящего исследования.

Современное развитие ультразвуковой медицинской техники позволяет осуществлять визуально контролируемые доплеровские исследования в сосудах малого диаметра. Оптимальным средством анализа церебральной гемодинамики представляется динамическая регистрация линейных параметров перфузии в СМА, которая является наиболее крупным сосудом артериального русла, снабжающим большой объем функционально активной коры и подкорковых структур головного мозга. Исследование показало возможность регистрации доплеровских показателей кровотока в 100 % случаев при использовании оборудования экспертного уровня, что согласуется с литературными сведениями [7–10].

Общеизвестно, что мозговое кровообращение характеризуется вазомоторной оптимизацией скоростно-объемных гемодинамических параметров по необходимой потребности. В условиях церебральной гипоксии кровотоков увеличивается, а при восстановлении тканевого дыхания – снижается. Исследование продемонстрировало, предположительно, позитивный эффект пантовой бальнеотерапии в комплексной коррекции мозгового крово-

обращения с нормализацией гемодинамических показателей, проявляющийся снижением пиковой скорости и сосудистой резистентности. Тем не менее сама конструкция НИР, опирающаяся на малую когорту пациентов без рандомизации материала и полноценного бальнеотерапевтического плацебо – контроля, не позволяет декларировать лечебный эффект пантовых ванн.

Общеизвестно, что нагрузочное изменение параметров мозговой гемодинамики подчинено определенным закономерностям, базирующимся на ауторегуляции скоростно-объемных параметров мозговой перфузии. При физических упражнениях средней интенсивности кровотока возрастает, а с дальнейшим ростом мышечных усилий – снижается в обратной пропорции, что обусловлено включением защитно-приспособительных механизмов, препятствующих чрезмерной гиперемии головного мозга и децентрализации кровообращения в пользу скелетной мускулатуры [7]. Исследование подтвердило приверженность индивидуальных паттернов трансформации мозгового кровотока общему правилу. Вместе с тем было отмечено, что лечение пантами алтайского марала предположительно увеличило вазомоторную амплитуду обозначенной нагрузочной ауторегуляции. Данный феномен, скорее всего, был обусловлен снижением функциональной ригидности сосудистых стенок с нормализацией микроциркуляции и ускорением нейрогуморальных сосудодвигательных процессов.

Необходимо добавить, что линейный рост САД отличался от нагрузочного роста Vps, обозначенная скорость кровотока корреляционно увеличивалась лишь до определенного предела, т.е. в процессе ВЭМ средней интенсивности (до 70 % субмаксимальной возрастной ЧСС). Таким образом, исследование подтвердило независимость центральной и церебральной гемодинамики, базирующейся на механизме ауторегуляции мозгового кровообращения. При этом в обследуемой когорте пациентов не отмечалось существенного увеличения RI, наблюдаемого при гипервентиляции, что объяснялось закономерной нагрузочной гипоксией в процессе непродолжительной, а следовательно, анаэробной ВЭМ.

Заключение

Велоэргометрическое доплеровское исследование кровотока в СМА может быть использовано для диагностического контроля эффективности итогов физиотерапии. Пантовая бальнеотерапия продуктами алтайского марала оказывает позитивное воздействие на вазомоторную функцию у пациентов с АГ I–II степени и в комплексе с медикаментозным лечением способствует нормализации церебрального кровообращения.

Список литературы

1. Смирнова И.Н., Тонкошкурова А.В., Антипова И.И., Левицкая Т.Е. Эффективность наружного применения электроимпульсного экстракта пантов марала у пациентов с артериальной гипертензией. *Современные вопросы биомедицины*. 2021;5(4):48–63. doi: 10.51871/2588-0500_2021_05_04_5
2. Антипова И.И., Смирнова И.Н., Авхи́менко В.А., Абдулкина Н.Г., Тицкая Е.В., Тонкошкурова А.В., Тихонова Т.В., Стародубцева Е.Н., Васильева Е.Ю., Корвякова О.П., Кудрявский С.И. Влияние оздоровительных санаторно-курортных технологий с применением природных лечебных факторов алтайского региона на показатели физической работоспособности работников учреждений, подведомственных ФМБА России. *Курорт. мед.* 2021;(3):58–66. doi: 10.17238/ISSN2223-2524.2021.3_58
3. Верещагина С.В., Смирнова И.Н., Штейнердт С.В., Зайцев А.А., Баранкин Б.В. Эффективность применения порошка пантов марала в тренировочный период годичного цикла подготовки спортсменов зимних циклических видов спорта. *Спорт. мед.: наука и практика*. 2019;9(2):72–78. doi: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.2_72
4. Шихлярова А., Жукова Г., Машенко Н. Некоторые рекомендации и примеры по практическому проведению активационной терапии (по материалам работ Л.Х. Гаркави, Е.Б. Квакиной, М.А. Уколовой). *Кардиометрия*. 2015;(7):57–62. doi: 10.12710/cardiometry.2015.7. 6469
5. Picano E., Scali M.C. Stress echo, carotid arteries and more: its versatility for our imaging times. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2018;11(2, Pt. 1):181–183. doi: 10.1016/j.jcmg.2017.01.023
6. Khatrar R.S., Senior R. Stress echocardiography and carotid ultrasound: combined use for the assessment of coronary artery disease? *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2021;34(6):625–628. doi: 10.1016/j.echo.2021.04.001
7. Куликов В.П., Гатальский К.К., Доронина Н.Л., Кисарова Я.А., Суховершин Р.А. Реакция мозговой гемодинамики на физическую нагрузку умеренной интенсивности. *Рос. физиол. ж.* 2007;93(2):161–168.
8. Семенютин В.Б., Алиев В.А., Берснев В.П., Патцак А., Панунцев Г.К., Никифорова А.А., Рамазанов Ш.Ш., Печиборщ Д.А., Ибляминов В.Б., Асатурян Г.А., Дуданов И.П., Павлов О.А. Диагностические и прогностические возможности неинвазивной оценки церебральной ауторегуляции. *Регионар. кровообращ. и микроциркуляция*. 2015;14(1):4–14. doi: 10.24884/1682-6655-2015-14-1-4-14
9. Щуров В.А. Скорость мозгового кровотока и работоспособность человека. *Рос. ж. биомех.* 2016;20(4):352–357. doi: 10.15593/RZhBiomeh/2016.4.07
10. Chen J., Dong P., Dong K., Mo D., Wang Y., Zhao X., Wang Y., Gong X. Improvement of exhausted cerebral autoregulation in patients with idiopathic intracranial hypertension benefit of venous sinus stenting.

Physiol. Meas. 2021;42(8):172. doi: 10.1088/1361-6579/ac172c

11. Атюнина И.В., Ощепкова Е.В., Рогоза А.Н. Особенности церебральной ауторегуляции и реактивности у больных артериальной гипертензией старших возрастных групп с ортостатическими гипотензивными реакциями. *Систем. гипертензии.* 2020;17(2):48–55. doi: 10.26442/2075082X.2020.2.200214

12. Рипп Т.М., Мордовин В.Ф. Рекомендации Европейского общества кардиологов и Европейского общества артериальной гипертензии 2018 года о новых методах лечения гипертензий – «DEVICE-BASED TREATMENT». *Артериал. гипертензия.* 2018;24(6):623–627. doi: 10.18705/1607-419X-2018-24-6-623-627

References

1. Smirnova I.N., Tonkoshkurova A.V., Antipova I.I., Levitskaya T.E. Effectiveness of external use of electropulse extract of maral velvet antlers in patients with arterial hypertension. *Sovremennyye vo-prosy biomeditsiny = Modern Issues of Biomedicine.* 2021;5(4):48–63. [In Russian]. doi: 10.51871/2588-0500_2021_05_04_5

2. Antipova I.I., Smirnova I.N., Avkhimenko V.A., Abdulkina N.G., Titskaya E.V., Tonkoshkurova A.V., Tikhonova T.V., Starodubtseva E.N., Vasilyeva E.Yu., Korvyakova O.P., Kudryavsky S.I. Impact of health resort technologies using natural medical factors of altai region on indicators of physical efficiency of employees of institutions subordinate to FMBA of Russia. *Kurortnaya meditsina = Resort Medicine.* 2021;(3):58–66 [In Russian]. doi: 51871/2304-0343_2021_3_58

3. Vereshchagina S.V., Smirnova I.N., Steinerdt S.V., Zaytsev A.A., Barankin B.V. Efficiency of the use of Siberian stag velvet antlers powder during the training period of the year-long cycle of training athletes of winter cycling sports. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports Medicine: Research and Practice.* 2019;9(2):72–78. [In Russian]. doi: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.72

4. Shikhlyarova A., Zhukova G., Mashchenko N. Some recommendations and examples about practical performing activation therapy (on materials of works of L.H. Garkavy, E.B. Kvakina, M.A. Ukolova). *Kardio-*

metriya = Cardiometry. 2015;(7):57–62 [In Russian]. doi:10.12710/cardiometry.2015.7. 6469

5. Picano E., Scali M.C. Stress echo, carotid arteries and more: its versatility for our imaging times. *JACC Cardiovasc. Imaging.* 2018;11(2, Pt. 1):181–183. doi: 10.1016/j.jcmg.2017.01.023

6. Khattar R.S., Senior R. Stress echocardiography and carotid ultrasound: combined use for the assessment of coronary artery disease? *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2021;34(6):625–628. doi: 10.1016/j.echo.2021.04.001

7. Kulikov V.P., Gatalsky K.K., Doronina N.L., Kisarova Ya.A., Sukhovshin R.A. Cerebral hemodynamic reaction to physical exercise of moderate intensity. *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal imeni Ivana Mikhaylovicha Sechenova = Russian Journal of Physiology.* 2007;93(2):161–168 [In Russian].

8. Semenyutin V.B., Aliev V.A., Bersnev V.P., Pat-sak A., Panuntsev G.K., Nikiforova A.A., Ramazanov Sh.Sh., Pechiborsch D.A., Ibyaminov V.B., Asat-uryan G.A., Dudanov I.P., Pavlov O.A. Diagnostic and prognostic potential of non-invasive assessment of cerebral blood flow autoregulation. *Regionarnoye krovoobrashcheniye i mikrotsirkulyatsiya = Regional Blood Circulation and Microcirculation.* 2015;14(1):4–14. [In Russian]. doi: 10.24884/1682-6655-2015-14-1-4-14

9. Shchurov V.A. Speed of a brain blood-groove and efficiency of the person. *Rossiyskiy zhurnal biomekhaniki = Russian Journal of Biomechanics.* 2016;20(4):352–357 [In Russian]. doi: 10.15593/RZhBiomeh/2016.4.07

10. Chen J., Dong P., Dong K., Mo D., Wang Y., Zhao X., Wang Y., Gong X. Improvement of exhausted cerebral autoregulation in patients with idiopathic intracranial hypertension benefit of venous sinus stenting. *Physiol. Meas.* 2021;42(8):172. doi: 10.1088/1361-6579/ac172c

11. Atyunina I.V., Oshchepkova E.V., Rogoza A.N. Features of cerebral autoregulation and reactivity in patients with arterial hypertension in older age groups with orthostatic hypotensive reactions. *Sistemnye giperten-zii = Systemic Hypertension.* 2020;17(2):48–55. [In Russian]. doi: 10.26442/2075082X.2020.2.200214

12. Ripp T.M., Mordovin V.F. 2018 ESC/ESH guidelines about new methods of treatment of hypertension – “DEVICE-BASED TREATMENT”. *Arterial'naya gipertenziya = Arterial Hypertension.* 2018;24(6):623–627. [In Russian]. doi: 10.18705/1607-419X-2018-24-6-623-627

Сведения об авторах:

Авхименко Виктор Александрович, к.м.н., ORCID: 0000-0002-2178-601X

Тривоженко Александр Борисович, д.м.н., ORCID: 0000-0001-6449-9523, e-mail: borisah@yandex.ru

Information about the authors:

Viktor A. Avkhimenko, candidate of medical sciences, ORCID: 0000-0002-2178-601X

Alexandr B. Trivozhenko, doctor of medical sciences, ORCID: 0000-0001-6449-9523, e-mail: borisah@yandex.ru

Поступила в редакцию 01.05.2023

После доработки 31.07.2023

Принята к публикации 05.09.2023

Received 01.05.2023

Revision received 31.07.2023

Accepted 05.09.2023