



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

№2

**Russian Journal of
Environmental and Rehabilitation Medicine**

Российский журнал экологической и восстановительной медицины

ISSN: 2949-083

Москва 2023 год

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор:

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

Заместители главного редактора:

Фесюн Анатолий Дмитриевич, д.м.н.

Яковлев Максим Юрьевич, д.м.н.

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

Водянова Мария Александровна, к.б.н.

Ответственный секретарь: Березкина Елена Сергеевна, к.б.н.

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Даминов Вадим Дамирович, д.м.н.

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

Ингель Фаина Исаковна, д.б.н.

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

Киричук Анатолий Александрович, д.б.н.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Рачин Андрей Петрович, д.м.н., проф.

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

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

Салтыкова Марина Михайловна, д.б.н.

Сичинава Нина Владимировна, д.м.н.

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

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

Хан Майя Алексеевна, д.м.н., проф.

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

Хрипач Людмила Васильевна, д.б.н.

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

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

Шашлов Сергей Валентинович, к.м.н.

Юдин Владимир Егорович, д.м.н., проф.

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Giancarlo Pantaleoni, проф. (Рим, Италия)

Olga Palumbo (Лугано, Швейцария)

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ АППАРАТНОЙ ФИЗИОТЕРАПИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИХ СОЧЕТАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ: МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ, КЛИНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	
Беньков А.А.	3
РОЛЬ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПРИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ НЕЙРОПАТИИ, ИНДУЦИРОВАННОЙ ЦИТОСТАТИКАМИ	
Куликова Н.Г., Фесюн А.Д., Кончугова Т.В., Кульчицкая Д.Б.	13
ВЛИЯНИЕ ТЕРРЕНКУРА НА ПАТТЕРН ХОДЬБЫ У ПАЦИЕНТОВ С ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА ПО ДАННЫМ ВИДЕОАНАЛИЗА ПОХОДКИ	20
Попов А.И., Лобанов А.А., Андронов С.В., Гришечкина И.А., Терентьев К.В.	
ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ К ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ У ЖИТЕЛЕЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ	
Мячина О.В., Пашков А.Н., Парфенова Н.В., Щетинкина Н.А., Обыденных Е.В.	29
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСКАНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА И ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЧЕЛЮСТНЫЕ СТРУКТУРЫ У ПАЦИЕНТОВ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ	
Чхеидзе Т., Жилоков З.Г., Куликова Н.Г., Ткаченко А.С.	36
ДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА КАЧЕСТВО СНА	
Кабиева Ш.Ш., Мишина А.И., Коробейникова А.В., Бакоев С.Ю., Титова А.Г., Баёв А.В., Кескинов А.А., Макаров В.В., Юдин В.С., Гетманцева Л.В.	42
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЧЕТАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕЧЕБНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ У ПАЦИЕНТОВ С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ	
Беньков А.А., Нагорнев С.Н.	53
ЮБИЛЯРЫ	
Гигинеишвили Георгий Ревазович	62
Саморуков Алексей Егорович	63

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

УДК 615.83: 615.84

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ АППАРАТНОЙ ФИЗИОТЕРАПИИ ДЛЯ
ИЗУЧЕНИЯ ИХ СОЧЕТАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ: МЕХАНИЗМЫ
ДЕЙСТВИЯ, КЛИНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ**

Беньков А.А.*

Общество с ограниченной ответственностью «Мед ТеКо», г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ. В статье представлен обзор литературы, в котором рассматриваются методологические особенности физиотерапии при симультанном (сочетанном) применении преформированных физических факторов. Теоретическую основу данного воздействия представил В.С. Улащик, который выделил четыре типа взаимодействия физических факторов при реализации их биологического потенциала, из которых три являются синергическими, а одно – антагонистическим. Многочисленные работы в этом направлении в основном посвящены сочетанному применению электро- и магнитотерапии. Более подробно в этом плане рассматриваются механизмы биологического и лечебного действия транскраниальной магнитотерапии и импульсного низкочастотного электростатического поля, при этом основное внимание уделяется анализу полимодальных эффектов этих факторов, с акцентом их влияние на регуляторные процессы в системе метаболических реакций, что актуально в плане разработке новых, более эффективных методов немедикаментозного лечения пациентов с метаболическим синдромом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сочетанная физиотерапия, механизм лечебного действия, транскраниальная магнитотерапия, импульсное низкочастотное электростатическое поле, метаболический синдром.

ВВЕДЕНИЕ

Современная физиотерапия предлагает огромный выбор различных методов лечения, каждый из которых реализует биологический потенциал того или иного физического фактора: магнитные или электрические поля, звуковые колебания разной частоты, ультрафиолетовое и инфракрасное излучение, температурное воздействие, озонотерапия, лечебные грязи, массаж, гирудотерапия и т.п. Предполагается, что механизмы действия этих факторов достаточно изучены, что позволяет применять их с успехом в различных комплексных программах лечения и реабилитации пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями (ХНИЗ). Более того, в ряде случаев алгоритм лечения включает комбинированное применение физиотерапевтических факторов, при этом, чаще всего, чередуя воздействие через день [1].

* Адрес для переписки:

Беньков Андрей Александрович, a.benkov@medteco.ru.

Цитирование: Беньков А.А. Перспективные методы аппаратной физиотерапии для изучения их сочетанного применения: механизмы действия, клиническая эффективность. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023. 2: 3-12.

Citation: Benkov A.A. Promising methods of hardware physiotherapy to study their combined application: mechanisms of action, clinical efficiency. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023. 2: 3-12.

Значительно меньше известно о сочетанном (одновременном, симультанном) применении методов аппаратной физиотерапии. Теоретическое обоснование этой проблемы представил В.С. Улащик [2], однако конкретных научных исследований механизмов таких воздействий практически нет.

По мнению Г.Н. Пономаренко [3], синергетический эффект при одновременном воздействии на патологический очаг несколькими физическими факторами может быть реализован путем потенцирующего механизма (когда один фактор усиливает влияние другого физического фактора на ту или иную патологическую реакцию) или за счет компарантного действия (когда факторы действуют на различные звенья патогенеза заболевания). Автор объяснил высокую эффективность симультанной физиотерапии шестью принципами:

- синергизмом биопотенциалов физических факторов;
- потенцированием их терапевтического действия;
- появлением новых лечебных эффектов;
- устранением нежелательных эффектов одного фактора другим;
- влиянием на большее число систем организма и звеньев патологического процесса;
- увеличением продолжительности последствия.

В реализации сочетанного применения физических факторов принято выделять четыре типа взаимодействия, из которых три являются синергическими, а одно – антагонистическим [2]. Вариант аддитивного взаимодействия, сопровождающийся эффектом потенцирования, привлекает внимание большинства ученых, пытающихся проанализировать внутренние механизмы этого явления. Безусловно, кроме теоретического интереса этой проблемы изучение механизмов взаимопотенцирующего влияния различных физических факторов может иметь огромный практический интерес, поскольку на этой основе могут быть созданы новые технологии немедикаментозной терапии ХНИЗ.

Клинические работы по проблеме симультанной физиотерапии появились почти 30 лет назад, когда Л.А. Комарова и Г.Н. Егорова в 1994 году опубликовали монографию «Сочетанные методы аппаратной физиотерапии и бальнеотеплолечения» [4]. Далее, в исследованиях Ф.Е. Горбунова с соавт. [5] было доказано, что повышение эффективности трансцеребральной магнитной и электроимпульсной терапии при их сочетанном применении на состояние мозговой и центральной гемодинамики у больных с мозговым инсультом в раннем периоде реабилитации. Необходимо также отметить исследования Э.М. Ореховой с соавт. [6, 7], в которых было обосновано сочетанное применение электро- и магнитотерапии для повышения резервов здоровья у практически здоровых лиц, которые по роду деятельности связаны с эмоциональными и физическими перегрузками. Авторами установлено, что сочетанные воздействия низкочастотным переменным магнитным полем и синусоидальными модулированными токами на воротниковую область способствуют повышению функциональных резервов физического и психического здоровья у лиц опасных профессий. Несколько позже Д.Б. Кульчицкая с соавт. [8] доказала более выраженный противовоспалительный эффект комбинированного применения низкоэнергетического лазерного излучения и импульсного низкочастотного электростатического поля. Однако во всех клинических работах этого направления отмечается только факт большей эффективности симультанного воздействия физиофакторов, тогда как подробное рассмотрение механизмов этого явления не приводится.

Анализ литературных источников проблемы симультанной физиотерапии свидетельствует о том, что чаще всего клиницисты применяют сочетанное воздействие магнитным и электрическим полем. По-видимому, это связано с тем, что электромагнитные воздействия относительно легко переносятся пациентами, имеют достаточно выраженный клинический эффект, физическая природа этих факторов различна, аппаратное обеспечение таких процедур доступно для широких слоев населения и с технической точки зрения могут применяться одномоментно.

Биологические эффекты импульсного низкочастотного электростатического поля

Применение энергии электрических полей в современной физиотерапии занимает доминирующее положение в спектре немедикаментозных технологий лечения соматических заболеваний. В настоящее время считается доказанным, что электротерапия эффективна при различных патологических состояниях, однако основной точкой приложения ее биопотенциала являются механизмы генерации болевого синдрома различного генеза и коррекция патологических изменений в центральной и вегетативной нервной системе [1, 9].

Такой широкий спектр действия, по мнению К.И. Ашурова [10], обеспечивает показания к использованию импульсного низкочастотного электростатического поля (ИНЭСП) практически во всех областях клинической медицины, медицинской профилактики и реабилитации.

В плане достижения цели и задач настоящего исследования необходимо акцентировать внимание на реализации иных свойств электростатического поля, применяемого с низкой частотой в импульсном режиме для усиления терапевтического эффекта массажных процедур за счет сагиттальных возвратно-поступательных вибраций подлежащих тканей тела пациента в зоне воздействия. Эта технология была предложена около 40 лет назад немецкими физиотерапевтами – специалистами по массажу Н.Seidl и Н.Waldner и реализована в многофункциональной терапевтической системе Hivamat-200 [цит. по 11].

Техническая сторона этой лечебной процедуры крайне проста: тело пациента и лечащего врача подсоединяется к разным полюсам аппарата, и подача импульсов тока разной частоты генерирует глубокую осцилляцию тканей в месте воздействия, которые «встряхиваются» в заданном ритме достаточно широкого диапазона: от 5 до 200 Гц [12]. Такая частота колебаний приближается к верхней границе физиологической возбудимости органов и тканей и в отличие воздействия постоянным током не оказывает раздражающего действия и не вызывает неприятных ощущений у пациента.

В настоящее время реализация биологического потенциала электростатического поля на местном уровне (в точке приложения) представляется следующим образом. При повторении импульсов тока происходит ритмичная деформация тканей, усиливается трение между различными частями тканей пациента в области зоны воздействия. Такая осцилляция приводит к улучшению эластичности мышечных волокон, усилению микроциркуляции и, как следствие, активации саногенетических процессов [13]. Кроме того, в практическом плане важно подчеркнуть, что электростатический импульсный массаж может быть осуществлен на любую область тела пациента, включая различные рефлексогенные зоны.

Вместе с тем, трудно отрицать тот факт, что электростатическое поле оказывает свое влияние на организм пациента не только за счет имитации массажа, но и путем модуляции иных процессов и реакций пато- и саногенетического характера. Более того, современная электротерапия пестрит многочисленными фактами ее полимодальности. Доказано, что этот физический фактор оказывает анальгетическое и противовоспалительное действие, обладает релаксирующим эффектом на мышцы и сосуды, стимулирует трофику тканей и процессы адаптогенеза [11, 14-16].

На наш взгляд, эти разнообразные клинические эффекты трудно объяснить только электромассажем, хотя воздействие на определенные рефлексогенные зоны безусловно усилит системность терапевтического воздействия. К таковым можно отнести и воротниковую зону, массаж которой позволяет снять напряжение с шейных и плечевых мышц, а также устранить болевые ощущения в этой области. С этих позиций вполне объясним терапевтический эффект электромассажа при лечении остеохондроза, невралгии и профилактики их осложнений. Но главное, электростатическое поле, проецируемое на воротниковую зону, способствует улучшению кровоснабжения головного мозга и тем самым улучшает его кислородное и энергетическое обеспечение [17]. Не вызывает сомнений, что это усиливает регуляторные возможности ЦНС и активирует формирование саногенетических реакций что, впрочем, еще требует проведения специальных исследований, выполненных в соответствии с принципами доказательной медицины.

По мнению ряда авторов, основу импульсного режима применения электростатического поля составляет схожесть с физиологическими нервными импульсами, поступающими к органам и тканям организма и вызывающими возбуждение [18]. Таким образом, применение ИНЭСП имитирует ритмические нервные импульсы в физиологических границах и тем самым стимулирует нервную регуляцию различных процессов в организме пациента.

К сожалению, исследований, позволяющих проследить всю цепочку реакций в организме пациента, начиная с зоны воздействия ИНЭСП и заканчивая системными проявлениями ответных реакций организма пациента, не много. Основная масса исследований в этом направлении носит выраженный клинический характер, в которых доминирует оценка применения физического фактора в зависимости от степени развивающегося антигипертензивного эффекта, регресс болевого синдрома и т.д. В связи с этим теоретические представления о том, как импульсное электростатическое поле реализует свой терапевтический эффект, не совсем ясны.

В полной мере это относится и к проблеме применения ИНЭСП у пациентов с метаболическим синдромом (МС), который характеризуется множественными патологическими проявлениями в различных функциональных системах и в основе которых лежит появление резистентности к инсулину. Примечательно, что в обобщающих работах, посвященных клиническим эффектам импульсной электротерапии, отсутствует какая-либо информация о ее применении для коррекции нарушений обмена веществ [11, 18, 19].

Механизмы действия транскраниальной магнитотерапии

В процессе эволюции живых организмов огромную роль сыграло магнитное поле (МП) Земли, которое способно оказывать влияние на различные процессы жизнедеятельности клеток, активность биохимических реакций, формирование внутренних биоритмов [20]. Это, в конечном счете, привело к появлению новой науки – магнитобиологии, датой рождения которой считается конец XVIII века, когда французские врачи Анри и Туре сообщили о лечебных свойствах магнитов [3]. Через 100 лет этот интерес усилился после появления данных о наличии металлоферментов и других биологически активных соединений, в состав которых входят магниточувствительные элементы (например, гемоглобин и др.). Наконец, было установлено, что ЦНС на физиологическом уровне трансформирует биологический потенциал магнитных полей в различные регуляторные реакции [20-22].

Перспективность воздействия МП на ЦНС отмечается в ряде работ, посвященных формированию и выраженности адаптивных реакций целостного организма [23-25].

К числу наиболее перспективных системотропных методов физиотерапии относится транскраниальная магнитотерапия (ТМТ) бегущим магнитным полем [26, 27]. Осуществляя корригирующее действие на центральные структуры головного мозга, эта физиотерапевтическая методика потенциально может оказать терапевтическое влияние на многие функции организма. К настоящему времени накоплено огромное число клинических исследований, доказывающих лечебную эффективность ТМТ при соматических заболеваниях с принципиально различным этиопатогенезом: при лечении артериальной гипертонии [28, 29], для уменьшения выраженности моторных и немоторных нарушений при болезни Паркинсона [30], коррекции вегетативных нарушений у детей с сахарным диабетом 1-го типа [31], лечении синдрома хронической усталости [32], у больных первичной открытоугольной глаукомой для активации внутриглазной гемодинамики и восстановления электрофизиологических параметров зрительного анализатора [33], нарушений обмена углеводов и липидов, а также микроциркуляторно-тканевых систем [34, 35], проведении медицинской реабилитации пациентов с распространенными неинфекционными заболеваниями [36], при комплексной терапии пациентов с депрессивными расстройствами [37], в лечении хронического тонзиллита и острой нейросенсорной тугоухости сосудистого генеза [38, 39] и др.

Однако до настоящего времени до конца не ясен механизм взаимодействия МП с живым организмом. Ряд ученых полагают, что практически все органы и ткани человека магнитовосприимчивы и магнитоиндуктивны, но наибольший диамагнетизм присущ ткани головного мозга [40, 41]. Вместе с тем, следует отметить ряд исследовательских работ, в которых были предприняты попытки понять механизмы действия МП на теплокровные организмы. В магнитобиологии уже накоплен огромный опыт о влиянии МП на живые объекты. При этом большое количество гипотез и теорий на эту тему свидетельствует, по-видимому, об отсутствии единого мнения в этом вопросе [42]. Этому мешает также и неоднозначные оценки некоторых биологических эффектов магнитного воздействия. Так, при воздействии МП в крупных кровеносных сосудах зарегистрировано снижение скорости кровотока [43], тогда как в многочисленных клинических исследованиях доказываются обратное [44-46].

Весьма интересна гипотеза о важной роли МП в функционировании электрохимического переноса ионов через клеточные мембраны [47], что может иметь отношение к некоторым вопросам патогенеза МС, в частности, изменения взаимодействия инсулина с рецепторами на клеточной мембране.

В исследовании А.С. Плетнева [48] установлено, что МП может активировать противосвертывающую систему крови, а это очень важно для предупреждения тромбообразования, характерного для многих сердечно-сосудистых заболеваний. Однако, во-первых, не анализируются механизмы этого феномена, и, во-вторых, нет соответствующих ссылок на результаты научных исследований.

В настоящее время наиболее подробно проблему изучения влияния транскраниального магнитного воздействия на пациентов с МС исследовал А.В. Кулиш [36], который доказал регресс снижения индекса инсулинорезистентности при применении этого физического фактора. Более того, в своем диссертационном исследовании этот автор изучил механизмы ноцицептивного и гипотензивного влияния транскраниального магнитного воздействия, а также его влияния на микроциркуляторно-тканевую систему, дислипидемические нарушения, систему перекисного окисления липидов, что свидетельствует о большом системном биологическом потенциале МП, сфокусированных на головной мозг.

Обращает на себя внимание и факты о стимулирующем влиянии МП на процессы адаптации [49-52], что весьма интересно в плане интеграции сведений о биологическом потенциале ТМТ с воззрениями ряда авторов о роли головного мозга в формировании адаптивного поведения [53]. Как уже упоминалось нами выше, способность адаптироваться к стрессорным воздействиям в процессе эволюции сформировали у человека весь спектр целесообразных ответных реакций организма, включая и саногенетические реакции неспецифического характера.

Этот тезис был убедительно подтвержден работами Н.Д. Полушиной с соавт. [54], которая детально рассмотрела хронологическую последовательность ответных реакций организма при действии стрессорного фактора (в данном случае, питьевой минеральной воды).

1. На первом этапе изменяется эволюционно отработанная ритмичность деятельности пищеварительной системы в виде мягкого демпинг-синдрома, что запускает развитие стресс-иницирующего сигнала.

2. Далее увеличивается продукция стресс-гормонов (адренкортикотропного гормона, глюкагона, кортизола).

3. Затем активируются механизмы энергогомеостаза (возрастает концентрация в крови субстратов для образования АТФ — глюкозы и неэстерифицированных жирных кислот).

4. Увеличивается секреция гормонов желудка и кишечника, многие из которых обладают мощным инсулиноподобным действием, что приводит к оптимизации метаболических реакций и усилению трофики тканей.

5. Снижается чувствительность организма к патогенным воздействиям разной природы.

6. В течение 5-6 месяцев после завершения курсового воздействия первично-профилактический эффект постепенно ослабевает.

Не исключено, что подобная последовательность имеет место быть и при курсовом применении ТМТ, однако этот вопрос требует проведения специальных исследований. Более того, имеются отдельные работы, подтверждающие наличие саногенетического потенциала у магнитотерапии, что открывает возможности для ее применения с целью повышения физической работоспособности здорового человека [48, 55].

Таким образом, есть много оснований полагать, что ТМТ обладает широким спектром регуляторного влияния на различные функциональные системы организма, реализуемые, по-видимому, за счет изменения архитектоники состояния ЦНС и ее отдельных компонентов. Вместе с тем, технология применения ИНЭП за счет локального воздействия на воротниковую зону стимулирует кровоснабжение головного мозга и активирует вегетативную регуляцию различных функций. Таким образом, эти два физических фактора могут дополнять (или даже усиливать) свой терапевтический потенциал, что может стать теоретической основой для создания новой технологии немедикаментозной коррекции различных патогенетических реакций МС.

Источник финансирования: Автор заявляет об отсутствии финансирования при проведении исследования.

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Пономаренко Г.Н. Общая физиотерапия. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014.
Ponomarenko G.N. General Physiotherapy. – М.: GEOTAR-Media, 2014. (In Russ)
2. Улащик В.С. Сочетанная физиотерапия: общие сведения, взаимодействие физических факторов. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2016; (6): 4–11.
Ulashchik V.S. Combined physiotherapy: general information, interaction of physical factors. Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture. 2016; (6): 4–11. (In Russ)
3. Пономаренко Г.Н. Инновационные технологии физиотерапии. Актуальные вопросы физиотерапии: Избранные лекции. – СПб.: ВМА, 2010: 112-135.
Ponomarenko G.N. Innovative technologies of physiotherapy. Topical issues of physiotherapy: Selected lectures. – St. Petersburg: VMA, 2010: 112-135. (In Russ)
4. Комарова Л.А., Егорова Г.Н. Сочетанные методы аппаратной физиотерапии и бальнеотеплолечения. – СПб: Изд-во СПбМАО, 1994.
Komarova L.A., Egorova G.N. Combined methods of apparatus physiotherapy and balneotherapy. – St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg Moscow Region, 1994. (In Russ)

5. Горбунов Ф.Е., Орехова Э.М., Исаев С.В. Влияние сочетанной трансцеребральной магнитной и электроимпульсной терапии на состояние мозговой и центральной гемодинамики у больных с мозговым инсультом в раннем периоде реабилитации. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 1996; (3): 21–24.
Gorbunov F.E., Orekhova E.M., Isaev S.V. Influence of combined transcerebral magnetic and electrical impulse therapy on the state of cerebral and central hemodynamics in patients with cerebral stroke in the early period of rehabilitation. Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture. 1996; (3): 21–24. (In Russ)
6. Орехова Э.М., Кульчицкая Д.Б., Кончугова Т.В. Применение современных методов физиотерапии в условиях амбулаторной практики. Медицина труда и промышленная экология. 2017; (8): 1–6.
Orekhova E.M., Kulchitskaya D.B., Konchugova T.V. Application of modern methods of physiotherapy in outpatient practice. Occupational medicine and industrial ecology. 2017; (8): 1–6. (In Russ)
7. Орехова Э.М., Кульчицкая Д.Б., Кончугова Т.В. Роль сочетанной физиотерапии в оздоровительных и профилактических программах. Физиотерапевт. 2015; (6): 63–71.
Orekhova E.M., Kulchitskaya D.B., Konchugova T.V. The role of combined physiotherapy in health and preventive programs. Physiotherapist. 2015; (6): 63–71. (In Russ)
8. Кульчицкая Д.Б., Кончугова Т.В., Саламадина М.О. Немедикаментозные методы лечения больных гонартрозом. Вестник восстановительной медицины. 2019; (2): 40–43.
Kulchitskaya D.B., Konchugova T.V., Salamadina M.O. Non-drug methods of treatment of patients with gonarthrosis. Bulletin of restorative medicine. 2019; (2): 40–43. (In Russ)
9. Улащик В.С. Элементы молекулярной физиотерапии. – Минск: Беларуская навука. 2014.
Ulashchik V.S. Elements of molecular physiotherapy. – Minsk: Belarusian Science. 2014. (In Russ)
10. Ашуров К.И. Импульсное низкочастотное электростатическое поле в комплексном лечении синовита височно-нижнечелюстного сустава при ревматоидном артрите: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.03.11 / Ашуров Камаль Иосифович. – М., 2015. – 24 с.
Ashurov K.I. Pulsed low-frequency electrostatic field in the complex treatment of synovitis of the temporomandibular joint in rheumatoid arthritis: author. dis. ... cand. honey. Sciences: 14.03.11 Ashurov Kamal Isosifovich. – M., 2015. – 24 p. (In Russ)
11. Куликов А.Г., Ярустовская О.В., Кузовлдева Е.В. Применение низкочастотного электростатического поля в клинической практике: Учебное пособие. –М.: ГБОУ ДПО РМАПО, 2015. – 44 с.
Kulikov A.G., Yarustovskaya O.V., Kuzovldeva E.V. The use of a low-frequency electrostatic field in clinical practice: Textbook. – M.: GBOU DPO RMAPO, 2015. – 44 p. (In Russ)
12. Корнюхина Е.Ю. Применение транскраниальной импульсной электростимуляции и переменного электростатического поля при лечении синдрома «беспокойных ног» у пациентов с болезнью Паркинсона. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2010; (2): 38–41.
Kornyukhina E.Yu. The use of transcranial pulsed electrical stimulation and an alternating electrostatic field in the treatment of restless legs syndrome in patients with Parkinson's disease. Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture. 2010; (2): 38–41. (In Russ)
13. Sporbeck V., Mathiske-Schmidt K., Jahr S. Effect of biofeedback and deep oscillation on Raynaud's phenomenon secondary to systemic sclerosis: results of a controlled prospective randomized clinical trial. Rheumatol. Int. 2012; (5): 1469–1473.
14. Кончугова Т.В., Орехова Э.М. Основные достижения и направления развития аппаратной физиотерапии. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2013; (1): 26–31.
Konchugova T.V., Orekhova E.M. The main achievements and directions of development of apparatus physiotherapy. Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture. 2013; (1): 26–31. (In Russ)
15. Орехова Э.М., Миненков А.А., Портнов В.В. Применение системы «Хивамат-200» в клинической практике: пособие для врачей. – М. 2002. – 16 с.
Orekhova E.M., Minenkov A.A., Portnov V.V. The use of the Khivamat-200 system in clinical practice: a guide for physicians. – M. 2002. –16 p. (In Russ)
16. Фадеева Н.И., Турова Е.А., Кончугова Т.В. Оценка профилактического влияния импульсного низкочастотного электростатического поля на метаболические показатели у лиц старше 30 лет. Физиотерапевт. 2013; (3): 29–33.
Fadeeva N.I., Turova E.A., Konchugova T.V. Evaluation of the preventive effect of a pulsed low-frequency electrostatic field on metabolic parameters in people over 30 years old. Physiotherapist. 2013; (3): 29–33. (In Russ)
17. Горбунов Ф.Е., Орехова Э.М., Исаев С.В. Влияние сочетанной трансцеребральной магнитной и электроимпульсной терапии на состояние мозговой и центральной гемодинамики у больных с мозговым инсультом в раннем периоде реабилитации. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 1996;. (3): 21–24.
Gorbunov F.E., Orekhova E.M., Isaev S.V. Influence of combined transcerebral magnetic and electropulse therapy on the state of cerebral and central hemodynamics in patients with cerebral stroke in the early period of rehabilitation / Issues of balneology, physiotherapy and exercise therapy. 1996;. (3): 21–24. (In Russ)
18. Гафиятуллина Г.Ш., Омельченко В.П., Евтушенко Б.Е. Физиотерапия. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010.
Gafiyatullina G.Sh., Omelchenko V.P., Evtushenko B.E. Physiotherapy. – M.: GEOTAR-Media, 2010. (In Russ)

19. Куликов А.Г., Кузовлева Е.В. Применение низкочастотного электростатического поля в клинической практике. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2013; (4): 44–53.
Kulikov A.G., Kuzovleva E.V. Application of low-frequency electrostatic field in clinical practice. Physiotherapy, balneology and rehabilitation. 2013; (4): 44–53. (In Russ)
20. Улащик В.С., Плетнев А.С., Войченко Н.В. Магнитотерапия. Теоретические основы и практическое применение. – Минск: Белорусская наука. 2015.
Ulashchik V.S., Pletnev A.S., Voychenko N.V. Magnetotherapy. Theoretical foundations and practical application. –Minsk: Belarusian science. 2015. (In Russ)
21. Артюхина Н.И. Реакция структурных элементов головного мозга крыс на воздействие магнитного поля. Проблемы электромагнитной нейробиологии. – М.: Наука. 1988: 48–64.
Artyukhina N.I. The reaction of the structural elements of the brain of rats to the influence of a magnetic field. Problems of electromagnetic neurobiology. – М.: Science. 1988: 48–64. (In Russ)
22. Бинги В.Н. Магнитобиология: эксперименты и модели. – М.: МИЛТА, 2002.
Bingi V.N. Magnetobiology: experiments and models. – М.: MILTA, 2002
23. Болотова Н.В., Аверьянов А.П., Дронова Е.Г. Транскраниальные физические методы коррекции нейроэндокринных и церебральных нарушений у девушек-подростков с ожирением. Терапевтический архив. 2012; (10): 33–36.
Bolotova N.V., Averyanov A.P., Dronova E.G. Transcranial physical methods for the correction of neuroendocrine and cerebral disorders in obese adolescent girls. Therapeutic archive. 2012; (10): 33–36. (In Russ)
24. Булатецкий С.В., Бяловский Ю.Ю., Глушкова Е.П. Динамика неспецифических адаптационных механизмов как критерий оптимизации магнитных воздействий. Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2013; (2): 49–53.
Bulatetsky S.V., Byalovsky Yu.Yu., Glushkova E.P. Dynamics of nonspecific adaptive mechanisms as a criterion for optimizing magnetic effects. Russian Medical and Biological Bulletin named after Academician I.P. Pavlova. 2013; (2): 49–53. (In Russ)
25. Рогочий С.З. Транскраниальная магнитная терапия — эффективная методика лечения нейроэндокринной патологии. Региональный вестник. 2019; (21): 22–3.
Rogochiy S.Z. Transcranial magnetic therapy is an effective method for the treatment of neuroendocrine pathology. Regional Bulletin. 2019; (21): 22–23. (In Russ)
26. Нагорнев С.Н., Бобровницкий И.П., Фролков В.К. Методология системного применения транскраниальных магнитных воздействий в условиях гемодинамических и дисметаболических нарушений. Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2016; (1): 32–44.
Nagornev S.N., Bobrovnikitsky I.P., Frolkov V.K. Methodology of the systemic application of transcranial magnetic influences in conditions of hemodynamic and dysmetabolic disorders. Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2016; (1): 32–44. (In Russ)
27. Нагорнев С.Н., Фролков В.К., Кулиш А.В. Системный подход и алгоритмизация применения транскраниальных магнитных воздействий при проведении медицинской реабилитации больных с гемодинамическими и дисметаболическими нарушениями. Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2016; (4): 651–657.
Nagornev S.N., Frolkov V.K., Kulish A.V. A systematic approach and algorithmization of the use of transcranial magnetic effects in the medical rehabilitation of patients with hemodynamic and dysmetabolic disorders. System analysis and control in biomedical systems. 2016; (4): 651–657. (In Russ)
28. Головочева Т.В., Кончугова Т.В., Лукьянов В.Ф. Сравнительная эффективность различных вариантов использования «бегущего» магнитного поля при мягкой артериальной гипертонии. Транскраниальная физиотерапия (Магнитотерапия и её сочетание с электростимуляцией). ред. А.Г.Куликова, Н.В. Болотовой, Ю.М. Райгородского. – Саратов: Изд. Сар. Мед. ун-та, 2013: 368–376.
Golovocheva T.V., Konchugova T.V., Lukyanov V.F. Comparative effectiveness of various options for using a "traveling" magnetic field in mild arterial hypertension. Transcranial physiotherapy (Magnetotherapy and its combination with electrical stimulation). ed. A.G. Kulikova, N.V. Bolotova, Yu.M. Raygorodsky. – Saratov: Ed. Sar. Honey. un-ta, 2013: 368–376. (In Russ)
29. Лукьянов В.Ф., Головочева Т.В. Особенности влияния динамической магнитотерапии на микроциркуляцию при артериальной гипертонии. Транскраниальная физиотерапия (Магнитотерапия и её сочетание с электростимуляцией) / ред. А.Г. Куликов, Н.В. Болотова, Ю.М. Райгородский. – Саратов: Изд. Сар. Мед. ун-та, 2013: 359–367.
Lukyanov V.F., Golovocheva T.V. Features of the influence of dynamic magnetotherapy on microcirculation in arterial hypertension. Transcranial physiotherapy (Magnetotherapy and its combination with electrical stimulation) / ed. A.G. Kulikov, N.V. Bolotova, Yu.M. Raygorodsky. – Saratov: Ed. Sar. Honey. un-ta, 2013: 359–367. (In Russ)
30. Таупова Г.Н., Саятгареева А.Р., Байтимеров А.Р. Транскраниальная магнитная стимуляция при болезни Паркинсона. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2016; (6-2): 82-7.
Taupova G.N., Saytgareeva A.R., Baitimerov A.R. Transcranial magnetic stimulation in Parkinson's disease. Journal of Neurology and Psychiatry. S.S. Korsakov. Special issues. 2016; (6-2): 82–87. (In Russ)

31. Болотова Н.В., Аверьянов А.П., Манукян В.Ю. Транскраниальная магнитотерапия как метод коррекции вегетативных нарушений у детей с сахарным диабетом 1-го типа. Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 2007; (3): 65–69. Bolotova N.V., Averyanov A.P., Manukyuan V.Yu. Transcranial magnetotherapy as a method for correcting autonomic disorders in children with type 1 diabetes mellitus. Pediatrics. Journal them. G.N. Speransky. 2007; (3): 65–69. (In Russ)
32. Шоломов И.И., Черевашенко Л.А., Болотова Н.В. Транскраниальная магнитотерапия при синдроме хронической усталости. Транскраниальная физиотерапия (Магнитотерапия и её сочетание с электростимуляцией). ред. А.Г.Куликов, Н.В. Болотова, Ю.М. Райгородский. – Саратов, 2013: 341–345. Sholomov I.I., Cherevaschenko L.A., Bolotova N.V. Transcranial magnetotherapy in chronic fatigue syndrome. Transcranial physiotherapy (Magnetotherapy and its combination with electrical stimulation). ed. A.G. Kulikov, N.V. Bolotova, Yu.M. Raygorodsky. – Saratov, 2013: 341–345. (In Russ)
33. Каменских Т.Г., Райгородский Ю.М., Веселова Е.В. Сравнительный анализ результатов применения различных магнитотерапевтических методик в лечении больных первичной открытоугольной глаукомой. Транскраниальная физиотерапия (Магнитотерапия и её сочетание с электростимуляцией). ред. А.Г.Куликов, Н.В. Болотова, Ю.М. Райгородский. – Саратов, 2013: 455–467. Kamenskikh T.G., Raigorodsky Yu.M., Veselova E.V. Comparative analysis of the results of using various magnetotherapy techniques in the treatment of patients with primary open-angle glaucoma. Transcranial physiotherapy (Magnetotherapy and its combination with electrical stimulation). ed. A.G. Kulikov, N.V. Bolotova, Yu.M. Raygorodsky. – Saratov, 2013: 455–467. (In Russ)
34. Нагорнев С.Н., Кулиш А.В., Фролков В.К. Влияние высокочастотной транскраниальной магнитной стимуляции на состояние микроциркуляторно-тканевых систем у больных с метаболическим синдромом. Физиотерапевт. 2016; (1): 23–29. Nagornev S.N., Kulish A.V., Frolkov V.K. Influence of high-frequency transcranial magnetic stimulation on the state of microcirculatory tissue systems in patients with metabolic syndrome. Physiotherapist. 2016; (1): 23–29. (In Russ)
35. Нагорнев С.Н., Фролков В.К., Кулиш А.В. Системный подход и алгоритмизация применения транскраниальных магнитных воздействий при проведении медицинской реабилитации больных с гемодинамическими и дисметаболическими нарушениями. Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2016; (4): 651–657. Nagornev S.N., Frolkov V.K., Kulish A.V. A systematic approach and algorithmization of the use of transcranial magnetic effects in the medical rehabilitation of patients with hemodynamic and dysmetabolic disorders. System analysis and control in biomedical systems. 2016; (4): 651–657. (In Russ)
36. Кулиш А.В. Системный подход в применении транскраниальных магнитных воздействий при реабилитации больных хроническими неинфекционными заболеваниями: автореф. дисс. ... д-ра мед. наук: 14.03.11 / Кулиш Александр Васильевич. – М., 2017. –48 с. Kulish A.V. A systematic approach to the use of transcranial magnetic influences in the rehabilitation of patients with chronic non-communicable diseases: Ph.D. diss.... Dr. Med. Sciences: 14.03.11 / Kulish Alexander Vasilevich. – M., 2017. – 48 p. (In Russ)
37. Горяев А.Г. Динамика качества жизни, симптомов тревоги и депрессии у пациентов с хронической инсомнией в комплексном санаторно-курортном лечении с включением транскраниальной магнитотерапии. Пермский медицинский журнал. 2018; (1): 82–87. Goryaev A.G. Dynamics of quality of life, symptoms of anxiety and depression in patients with chronic insomnia in complex spa treatment with the inclusion of transcranial magnetic therapy. Perm Medical Journal. 2018; (1): 82–87. (In Russ)
38. Дьяконов А.В., Райгородский М.Ю. Эффективность сочетания общей магнитотерапии и местного магнитолазерного воздействия в консервативном лечении хронического тонзиллита. Транскраниальная физиотерапия (Магнитотерапия и её сочетание с электростимуляцией). ред. А.Г.Куликов, Н.В. Болотова, Ю.М. Райгородский. – Саратов, 2013: 403–413. Dyakonov A.V., Raigorodsky M.Yu. The effectiveness of a combination of general magnetic therapy and local magnetic laser exposure in the conservative treatment of chronic tonsillitis. Transcranial physiotherapy (Magnetotherapy and its combination with electrical stimulation). Ed. A.G. Kulikov, N.V. Bolotova, Yu.M. Raygorodsky. – Saratov, 2013: 403–413. (In Russ)
39. Мареев О.В., Райгородский Ю.М., Шкабров В.В. Транскраниальная магнитотерапия в лечении острой нейросенсорной тугоухости сосудистого генеза. Транскраниальная физиотерапия (Магнитотерапия и её сочетание с электростимуляцией). ред. А.Г.Куликов, Н.В. Болотова, Ю.М. Райгородский. – Саратов, 2013: 426–431. Mareev O.V., Raigorodskii Yu.M., Shkabrov V.V. Transcranial magnetotherapy in the treatment of acute neurosensory hearing loss of vascular origin. Transcranial physiotherapy (Magnetotherapy and its combination with electrical stimulation). Ed. A.G. Kulikov, N.V. Bolotova, Yu.M. Raygorodsky. – Saratov, 2013: 426–431. (In Russ)
40. Павлович С.А. Магнитная восприимчивость организмов. – Минск: Наука и техника, 1985. Pavlovich S.A. Magnetic susceptibility of organisms. – Minsk: Science and technology, 1985. (In Russ)
41. Шелякин А.М., Преображенская И.Г. Микрополяризация мозга. – СПб.: ООО «Страта», 2021. Shelyakin A.M., Preobrazhenskaya I.G. Micropolarization of the brain. – SPb.: Strata LLC, 2021. (In Russ)
42. Сердюк В.В. Магнитотерапия: Прошлое, настоящее, будущее: Справочное пособие. – Киев: Азимут-Украина, 2004.

- Serdyuk V.V. Magnetotherapy: Past, Present, Future: A Reference Guide. – Kiev: Azimut-Ukraine, 2004. (In Russ)
43. Вананг В.К., Кузнецов А.П. Первичные механизмы действия магнитных полей и спиновые эффекты. Биологические эффекты электромагнитных полей. Вопросы их использования и нормирования. – Пушино, 1989: 15–49.
Vanang V.K., Kuznetsov A.P. Primary mechanisms of action of magnetic fields and spin effects. Biological effects of electromagnetic fields. Questions of their use and regulation. – Pushchino, 1989: 15–49.
44. Абрамович С.Г., Куликов А.Г., Долбилкин А.Ю. Общая магнитотерапия при артериальной гипертензии. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2014; (5): 50–55.
Abramovich S.G., Kulikov A.G., Dolbilkin A.Yu. General magnetotherapy for arterial hypertension. Physiotherapy, balneology and rehabilitation. 2014; (5): 50–55. (In Russ)
45. Нагорнев С.Н., Бобровницкий И.П., Фролков В.К. Методология системного применения транскраниальных магнитных воздействий в условиях гемодинамических и дисметаболических нарушений. Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2016; (1): 32–44.
Nagornev S.N., Bobrovnikitsky I.P., Frolkov V.K. Methodology of the systemic application of transcranial magnetic influences in conditions of hemodynamic and dysmetabolic disorders. Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2016; (1): 32–44. (In Russ)
46. Орехова Э.М., Кончугова Т.В., Кульчицкая Д.Б. Современные подходы к применению транскраниальной магнитотерапии при артериальной гипертензии. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2016; (3): 53–55.
Orekhova E.M., Konchugova T.V., Kulchitskaya D.B. Modern approaches to the use of transcranial magnetotherapy in arterial hypertension. Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture. 2016; (3): 53–55. (In Russ)
47. Антонов М.Ю., Попинако А.В., Николаев И.Н. Молекулярное моделирование диффузионных процессов в мембранных структурах на примере ионного канала серотонинового рецептора. Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. 2019; (3): 5–15.
Antonov M.Yu., Popinako A.V., Nikolaev I.N. Molecular modeling of diffusion processes in membrane structures on the example of the ion channel of the serotonin receptor. Bulletin of the North-Eastern Federal University. M.K. Ammosov. 2019; (3): 5–15. (In Russ)
48. Плетнев А.С., Савицкий В.П., Португалов С.Н. Влияние импульсной низкочастотной магнитотерапии на повышение физической работоспособности. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2009; (2): 40–41.
Pletnev A.S., Savitsky V.P., Portugalov S.N. The influence of pulsed low-frequency magnetotherapy on improving physical performance. Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture. 2009; (2): 40–41. (In Russ)
49. Глушкова Е.П. Влияние переменного магнитного поля на неспецифические механизмы адаптации. Актуальные проблемы клинической и экспериментальной патологии: Межрегиональный сборник научных трудов, посвященный 100-летию со дня рождения патофизиолога и аллерголога А.Д. Адо. – Рязань: Рязанский гос. мед. ун-т им. акад. И. П. Павлова. 2009: 94–100.
Glushkova E.P. Influence of an alternating magnetic field on nonspecific mechanisms of adaptation. Actual problems of clinical and experimental pathology: Interregional collection of scientific papers dedicated to the 100th anniversary of the birth of pathophysiological and allergist A.D. Ado. – Ryazan: Ryazan state. honey. un-t im. acad. I. P. Pavlova. 2009: 94–100. (In Russ)
50. Глушкова Е.П., Булатецкий С.В. Динамика физиологических систем и неспецифических адаптационных механизмов при действии магнитного поля. Центральный научный вестник. 2017; (1): 3–4.
Glushkova E.P., Bulatetsky S.V. Dynamics of physiological systems and nonspecific adaptive mechanisms under the action of a magnetic field. Central Scientific Bulletin. 2017; (1): 3–4. (In Russ)
51. Ухов Ю.И., Крапивникова О.В., Косицын Н.С. Синхронизирующие эффекты магнитного поля на механизмы регуляции ритма сердца у здоровых людей. Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2014; (1): 43–49.
Ukhov Yu.I., Kravivnikova O.V., Kositsyn N.S. Synchronizing effects of the magnetic field on the mechanisms of heart rhythm regulation in healthy people. Russian Medical and Biological Bulletin named after Academician I.P. Pavlova. 2014; (1): 43–49. (In Russ)
52. Яковлев М.Ю., Туманова-Пономарева Н.Ф., Фесюн А.Д. Научные основы медицинской реабилитации и санаторно-курортного лечения. Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2021; 4: 52–58.
Yakovlev M.Yu., Tumanova-Ponomareva N.F., Fesyun A.D. Scientific bases of medical rehabilitation and sanatorium treatment. Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2021; 4: 52–58. (In Russ)
53. Росс Эшби У. Конструкция мозга: происхождение адаптивного поведения. –М.: Изд-во иностранной литературы. 1962.
Ross Ashby W. The design of the brain: the origin of adaptive behavior. –M.: Publishing House of Foreign Literature. 1962. (In Russ)
54. Полушина Н.Д., Фролков В.К., Ботвинева Л.А. Превентивная курортология (теоретические и прикладные аспекты, перспективы). – Пятигорск: Гос. НИИ курортологии, 1997.

- Polushina N.D., Frolkov V.K., Botvineva L.A. Preventive balneology (theoretical and applied aspects, prospects). – Pyatigorsk: State. Research Institute of Balneology, 1997. (In Russ)
55. Абдурахманова Р.З., Никонорова М.В. Ближайшие и отдаленные результаты терапии пациентов с артериальной гипертензией с помощью транскраниальной магнитотерапии. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022; 3: 61-74.
- Abdurakhmanova R.Z., Nikonorova M.V. Immediate and long-term results of therapy of patients with arterial hypertension using transcranial magnetic therapy. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022; 3:61-74. (In Russ)

PROMISING METHODS OF HARDWARE PHYSIOTHERAPY TO STUDY THEIR COMBINED APPLICATION: MECHANISMS OF ACTION, CLINICAL EFFICIENCY

Benkov A.A.

Limited Liability Company "Med TeKo", Moscow, Russia

ABSTRACT. The article presents a review of the literature, which discusses the methodological features of physiotherapy with the simultaneous (combined) use of preformed physical factors. The theoretical basis of this impact was presented by V.S. Ulashchik, who identified four types of interaction of physical factors in the realization of their biological potential, of which three are synergistic, and one is antagonistic. Numerous works in this direction are mainly devoted to the combined use of electro- and magnetotherapy. In this regard, the mechanisms of the biological and therapeutic action of transcranial magnetotherapy and a pulsed low-frequency electrostatic field are considered in more detail, with the main attention being paid to the analysis of the polymodal effects of these factors, with an emphasis on their influence on regulatory processes in the system of metabolic reactions, which is relevant in terms of developing new, more effective methods of non-drug treatment of patients with metabolic syndrome.

Keywords: combined physiotherapy, mechanism of therapeutic action, transcranial magnetotherapy, pulsed low-frequency electrostatic field, metabolic syndrome.

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 paper.

Сведения об авторах

Беньков Андрей Александрович — руководитель научно-организационного отдела ООО «Мед ТеКо», г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-4074-7208>

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 6616-009, 615.08- 616

**РОЛЬ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ОЦЕНКЕ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ
СТИМУЛЯЦИИ ПРИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ НЕЙРОПАТИИ,
ИНДУЦИРОВАННОЙ ЦИТОСТАТИКАМИ**

Куликова Н.Г.^{1*}, Фесюн А.Д.¹, Кончугова Т.В.¹, Кульчицкая Д.Б.¹

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

РЕЗЮМЕ Актуальность исследования обусловлена тем, что согласно опубликованным данным, заболеваемость периферической нейропатией, индуцированной цитостатиками (ПНИЦ), составляет 90% на фоне лечения цитостатическими препаратами, что указывает на высокую актуальность и научно-практическую значимость исследования.

Цель. Повысить клиническую эффективность медицинской реабилитации онкологических пациентов с периферической полинейропатией, индуцированной цитостатиками, путем включения в комплекс лечения методики высокоинтенсивной импульсной магнитной терапии (ВИМТ).

Материалы и методы. Провели оценку нейрофизиологических показателей по данным функциональных проб (тепловая, холодовая, ВАШ) до после применения ВИМТ у пациентов ПНИЦ. Использованы данные Международной шкалы-классификатора ВОЗ для оценки степени тяжести периферической полинейропатии и шкалы QLO-SIPN20. Средний возраст пациентов, вошедших в исследование, составил $57,2 \pm 5,3$ лет. Средняя длительность заболевания $1,9 \pm 0,5$ лет. Состояние пациентов оценивали до/после применения ВИМТ в зоне поражения периферических нервов на нижних конечностях. Распределение пациентов с ПНИЦ проведено по двум группам: Основная группа (n=30) – пациенты получили ВИМТ на область стоп, в режиме последовательного выполнения в течение 30 секунд электромагнитного поля с меняющейся частотой, соотношение импульс/пауза и интенсивности электромагнитной индуктивности от 200 мТл до 600 мТл. Время воздействия на процедуру – 14 минут (по 7 минут на конечность). Курс лечения – 10 процедур, проводимых через день. Пациенты из группы Контроля получили стандартную медикаментозную терапию. Анализ статистических данных проводили в программах Microsoft Office Excel (2017) и статистической обработке SPSS (версия PASW Statistics, 2018). Использовали параметрические (метод линейной корреляции, критерий

*Адрес для переписки:

Куликова Наталья Геннадьевна, kulikovang777@mail.ru

Цитирование Куликова Н.Г., Фесюн А.Д., Кончугова Т.В., Кульчицкая Д.Б. Роль нейрофизиологических показателей в оценке эффективности применения магнитной импульсной стимуляции при периферической нейропатии, индуцированной цитостатиками. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023. 2: 13-19.

Citation: Kulikova N.G., Fesyun A.D., Konchugova N.V., Kulchytska D.B., Al-Zamil M.Kh. The role of neurophysiological indicators in assessing the effectiveness of the use of magnetic pulse stimulation in peripheral neuropathy induced by cytostatics. *Environmental Journal of Rehabilitation medicine*. 2023. 2: 13-19.

Стьюдента) и непараметрические методики (коэффициент ранговой корреляции по Спирмену, непарный критерий Вилкоксона-Манна-Уитни и парный критерий Вилкоксона). Различия считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты. Акцент делали на новые нейрофизиологические данные пациентов ПНИЦ до/после ВИМТ.

Выводы. после холодовой пробы наибольший модуль достоверного изменения отмечен по уровню «Перфузии в момент холодового воздействия» ($4,47 \pm 2,22$ до $5,28 \pm 1,93$) тогда, как после теплового раздражителя статистически значимой была «Перфузии в период теплового восстановления» ($3,46 \pm 1,18$ до $7,01 \pm 1,16$), отражающая степень послетепловой реактивной гиперемии, выявленной только у пациентов, получивших ВИМТ, что свидетельствует о положительном его влиянии на метаболические процессы в невраль-ных зонах повреждения токсическими компонентами цитостатических препаратов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ВИМТ, ППНИЦ, ВАШ, тепловая, холодовая пробы.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема разработки эффективных и безопасных методов медицинской реабилитации пациентов онкологического профиля имеет высочайшую актуальность, поскольку ориентированы на повышение качества жизни, снижение предотвратимой инвалидности и смертности [1,2,3]. При этом все большее значение придается методам физиотерапии, обладающим доказанными противоопухолевыми, противовоспалительными, обезболивающими и трофическими эффектами [4,5,6]. В современной клинической онкологии постоянно совершенствуются методы противоопухолевого лечения, в том числе, химиотерапевтические, что существенно увеличивает продолжительность жизни онкологических пациентов. Одним из специфических системных осложнений при приеме новых эффективных цитостатиков (таксанов, винкаалкалоидов, производных платины, эпотилонов и др.) является их нейротоксичность [7]. Она представляет собой серьезную проблему, затрагивающую, как качество жизни пациентов, так и саму возможность проведения жизненно важного противоопухолевого лечения.

Недавние исследования показали, что распространенность ПНИЦ составляет 30% при измерении в первый месяц после химиотерапии, 60,0% – через 3 месяца и 90,0% – через 6 месяцев и позже. Верификация ПНИЦ сопряжена с характерными клиническими симптомами: боль в ногах, нарушение тактильной чувствительности, сенсорные изменения, свидетельствующие о нарастании повреждений в тонких структурах периферических нервных волокон [8].

Общепринятых программ медицинской реабилитации ПНИЦ не существует, терапия носит в основном симптоматический характер, поскольку обусловлена не только сенсорно-моторными расстройствами, но и выраженным болевым синдромом [9,10,11], что требует разработки новых технологических решений, ориентированных на здоровьесбережение [5]. Из немедикаментозных методов лечения ПНИЦ ранее использовали: акупунктура, электроакупунктура, электронейростимуляция, общая вибрационная терапия, лечебная гимнастика, местная криотерапия в виде ежедневного ношения замороженных перчаток/носок, однако полученные результаты не всегда убедительны с точки зрения доказательной статистики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Средний возраст пациентов, вошедших в исследование, составил $57,2 \pm 5,3$ лет. Средняя длительность заболевания $1,9 \pm 0,5$ лет. Состояние пациентов оценивали до/после применения ВИМТ в зоне поражения периферических нервов на нижних конечностях. Все пациенты подписали информированное согласие на проведение физиотерапевтического лечения с применением высокоинтенсивной импульсной магнитной стимуляции (ВИМТ). Определены противопоказания для ее проведения: лица младше 20 лет и старше 75 лет, наличие I, II или IV клинической группы онкологической патологии. Всего в исследовании участвовали 60 пациентов ПНИЦ (табл.1).

Представленный материал отражает структуру онкологических пациентов, у которых после курсового приема цитостатических препаратов была верифицирована ПНИЦ. Наиболее весомый вклад в формирование ПНИЦ внесли нозологии: лимфома Ходжкина, рак молочной железы и рак сигмовидной кишки, составляющих, в среднем по 8,6%. Второе место в структуре делят нозологии: рак шейки матки, рак яичников и рак легкого, вклад каждого в среднем составляет по 5,3%. Третье место принадлежит нозологии: раку мочевого пузыря - 2,7%.

Таблица 1. Структурный состав онкологических пациентов с периферической полинейропатией, индуцированной цитостатиками

Нозология/Nosology	Основная группа Core group (n =30)		Контрольная группа Control group (n =30)	
	Абс.ч.	%	Абс.ч.	%
Лимфома Ходжкина/Hodgkin lymphoma	6	8,6	6	10,6
В-клеточная лимфома/B-cell lymphoma	1	1,7	1	1,7
Рак яичников/Ovarian cancer	3	5,3	4	7,0
Рак шейки матки/Cervical cancer	3	5,3	4	7,0
Рак сигмовидной кишки/Sigmoid colon cancer	6	8,6	6	10,6
Рак мочевого пузыря/ Bladder cancer	2	2,7	3	5,3
Рак молочной железы/Breast cancer	6	8,6	3	5,3
Рак легкого/Lung cancer	3	5,3	4	7,0

Датчик прибора с помощью лейкопластыря фиксировали к тыльной поверхности ноги на уровне лодыжки. В течение 120 секунд регистрировали базовый уровень перфузии, после чего пациент погружал ногу в воду температурой 4°C на 120 секунд и через 120 секунд регистрировали период восстановления. Отмечено, что согласно оценке, тепловой/холодовой пробы у пациентов ПНИЦ выявлен значимый разброс показателей чувствительности, что имело место как после контакта с холодными, так и теплыми раздражителями.

При проведении тепловых проб сравнивали скорость нагрева поверхностных кожных тканей по температурному значению (4 °C/мин; 0,67 - 1,5-2°C/сек). Пациент занимал положение сидя, ноги располагал внизу у датчика прибора с нагревательным элементом модуля с помощью лейкопластыря. В течение 120 секунд регистрировали базовый уровень перфузии, после чего включали нагревание и регистрировали перфузию в течение 300 секунд. Анализировали базовый уровень перфузии и перфузию в момент локальной тепловой гиперемии и в период восстановления.

При анализе результатов выполнения холодной пробы у пациентов с ПНИЦ (80%) наблюдали снижение перфузии (вазоспазм) на фоне холодного воздействия по сравнению с базовым уровнем перфузии, что позволило предположить, что нормальной физиологической реакцией на холодное воздействие у этих пациентов является снижение перфузии вследствие вазоспазма (табл.2.)

При сравнении обследуемых выявлены статистически значимые различия между группами по параметрам «Перфузия после тепловой пробы» ($p = 0,044$) и «Перфузия в период восстановления после тепловой пробы» ($p = 0,039$). Доля обследуемых со спастически-стазическими и гиперемическими реакциями в момент холодного воздействия в группе пациентов ПНИЦ, которые получали курсовое воздействие ВИМТ была ниже, чем в Контрольной группе пациентов ПНИЦ, что статистически значимо: 21,9% и 54%, соответственно ($p < 0,01$).

Представленный материал свидетельствует о том, что холодная локальная проба у пациентов с ПНИЦ понижает температурный показатель на поверхности кожи в среднем на $0,9 \pm 0,01$ °C ($p < 0,05$). У пациентов основной группы отмечали изменение температурного кожного значения в виде снижения реакции на холодovou раздражитель на уровне $35,2 \pm 0,4$ °C, что может свидетельствовать об улучшении регуляции биохимических процессов в поврежденных тканях и периферических нервных структурах.

РЕЗУЛЬТАТЫ.

При анализе клинических симптомов пациентов ПНИЦ выявлены различные реакции восстановления в ответ на внешние, в том числе холодные раздражители до/после ВИМТ, что позволяет резюмировать о нормализации нервно-мышечной чувствительности и снижении отрицательной реакции у этих пациентов на низкие температурные агенты.

Таблица 2. Результаты тепловой и холодной проб у пациентов с периферической полинейропатией, индуцированной цитостатиками, до/после применения высокоинтенсивной магнитной терапии (Me [Q₁; Q₃]).

Температурный фактор (С°) Temperature factor (С°)	Основная группа Core group		Р до/после лечения before/after treatment	Контрольная группа Control group		Р до/после лечения before/after treatment
	До лечения Before treatment	После лечения After treatment		До лечения Before treatment	После лечения After treatment	
Холод локально (нога) Cold locally (foot)	35 [32;38]	35 [32;38]	>0,05	35 [32;39]	35 [32;38]	>0,05
Тепло локально (нога) Heat locally (foot)	35 [31;39]	36 [31;41]*	>0,05	35 [32;39]	35 [32;38]	>0,05
Тело человека до/после приема теплого питья The human body before/after taking a warm drink	36 [31;41]	36 [33;39]	>0,05	36 [32;39]	36 [32;40]	>0,05
Тело человека до/после приема холодного питья The human body before/after taking a cold drink	36 [33;39]	36 [34;38]*	>0,05	36 [32;39]	35 [32;38]**	<0,05
Базовая перфузия, ПЕ до/после холодной пробы Basic perfusion, PE before/after cold test	3 [2,9; 3,1]	4 [3,69;5,2]* * *	<0,01	3,4 [2,9;3,9]	2,8 [2,7;3,4]**	<0,05
Базовая перфузия, ПЕ до/после холодной пробы Perfusion in recovery, PE after cold test	4 [3,69;5,2]	5,1 [3,8;6,3]** *	<0,01	2,8 [2,7;3,4]	3,2 [2,8;3,7]**	<0,05
ПЕ-Базовая перфузия, до/после тепловой пробы PE-Baseline perfusion, before/after thermal test	3 [2,9;3,2]	7 [6,3;10,6]** *	<0,01	3,4 [2,9;3,9]	3,9 [3,3;4,6]**	<0,01
ПЕ-перфузия в момент восстановления, после тепловой пробы PE perfusion at the time of recovery, after thermal testing	7 [6,3;10,6]	3,8 [2,9;4,5]**	<0,01	3,9 [3,3;4,6]	3,8 [2,9; 4,4]	<0,05

Примечание: данные представлены в виде Me и квартилей [Q₁; Q₃]; анализ различий до/после лечения проведен по критерию Вилкоксона (** p < 0,05); анализ межгрупповых различий после лечения проведен по критерию Уитни-Манна (*p < 0,05).

При этом у пациентов ПНИЦ, которые получили ВИМТ, достоверно снизилась периферическая резистентность на высокотемпературный внешний раздражитель, что проявилось повышением кожно-температурного показателя с 35,2 ± 0,4 С° до 36,7 ± 0,3 С° (p < 0,05).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Результаты статистического анализа позволяют предположить о том, что под действием биопотенциалов высокоинтенсивной магнитной терапии, ориентированных на микрососудистую компоненту, проницаемость клеточных мембран, функциональную активность тромбоцитарного звена гемостаза и показатели свёртываемости, участвующих в выведении свободнорадикальных метаболитов из крови, достоверно меняется интенсивность метаболических процессов в невральных тканях, что важно при ПНИЦ, поскольку в условиях онкопатологии имеет место высокая ассоциированность на генерацию свободных радикалов [8]. В связи с этим при выполнении тепловых проб получены статистически значимые различия между группами сравнения по параметрам «Базовая перфузия» ($p = 0,017$) и «Перфузия при восстановлении» ($p = 0,003$). Наибольшее по модулю среднее значение разницы между показателями при проведении тепловой пробы составило $-1,167$ ($-1,942$; $-0,391$) ($p = 0,019$). В связи с этим улучшение показателя теплопроводности в поврежденных тканях и периферических нервных волокнах после применения ВИМП может свидетельствовать о восстановлении сенсорно-автономных связей в аксональных миелиновых структурах, наиболее повреждаемых при периферической полинейропатии. Нейротропные эффекты ВИМП, направленные на детоксикацию и выведение свободнорадикальных метаболитов из крови и улучшение функциональной активности тромбоцитарного звена гемостаза, способствуют нормализации аксональной проводимости, снижение их чувствительности к отрицательным внешним агентам [9]. С другой стороны, коррекция проницаемости клеточных мембран и показателей свёртываемости ориентированы на стимуляцию роста аксонов, повышение аксонального транспорта и снижение вредного влияния свободных радикальных продуктов на нервные клетки периферических нервных волокон стороны.

Таким образом, после холодной пробы наибольший модуль достоверного изменения отмечен по уровню «Перфузии в момент холодного воздействия» и «Перфузии в период восстановления», тогда как после теплового раздражителя статистически значимой была «Базовая перфузия, ПЕ до/после тепловой пробы», отражающая степень посттепловой реактивной гиперемии, что было отмечено только у пациентов ПНИЦ, получивших ВИМП.

Выводы: у пациентов ПНИЦ, получивших ВИМП, выявлено улучшение кожной и проприоцептивной чувствительности: с $47,36 \pm 3,9\%$ до $81,0 \pm 1,9\%$ ($p < 0,01$); снижение уровня моторных нарушений (уменьшение слабости, снижение проявлений мелкой моторики, др.): с $14,0 \pm 1,6\%$ до $5,3 \pm 1,1\%$ ($p < 0,01$) и коррекции автономных нарушений (уменьшение/ устранение запоров): с $38,6 \pm 2,8\%$ до $28,0 \pm 2,2\%$ ($p < 0,05$).

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Хамурзоева С.Ш., Куликова Н.Г. Пути снижения инвалидности у лиц трудоспособного возраста. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2013: Т.1 6(1): 29-31.
Khamurzoeva S.Sh., Kulikova N.G. [Puti snijeniya invalidnosti u lic trudosposobnogo vozrasta.]. Ways to reduce disability in people of working age. Problemi socialnoi gigieni_ zdravooxraneniya i istorii medicini. 2013: T.1.6 (1): 29-31. (In Russ.).
2. Куликова Н.Г. Качество жизни населения в старших возрастных группах. Здравоохранение Российской Федерации Kulikova N.G. Quality of life of the population in older age groups. Healthcare of the Russian Federation. 2015. 3: 12-15. (In Russ.).
3. Куликова Н.Г. Особенности заболеваемости мужчин в осложненном инволюционном периоде. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2005; 4(1): 14-15.
Kulikova N.G. Features of the morbidity of men in a complicated involutinal period. Problems of social hygiene, health care and the history of medicine. 2005; 4(1): 14-15]. (In Russ.).
4. Кульчицкая Д.Б., Фесюн А.Д., Куликова Н.Г., Гушина Н.В., Кончугова Т.В., Батдиева В.А. Состояние микроциркуляции у пациентов периферической полинейропатией, индуцированной цитостатиками. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2022. Т99. №3-2: 116 – 117.
Kulchitskaya D.B., Fesyun A.D., Kulikova N.G., Guschina N.V., Konchugova T.V., Batdiyeva V.A. The state of microcirculation in patients with peripheral polyneuropathy induced by cytostatics. Issues of balneology, physiotherapy and physical therapy. 2022. T99. №3-2: 116 – 117. (In Russ.).
5. Бобровницкий И.П., Фесюн А.Д., Яковлев М.Ю., Туманова-Пономарева Н.Ф. Исторические, концептуальные и прикладные аспекты развития восстановительной медицины как научной основы здоровьесбережения населения Российской Федерации. Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2022. 3: 2-21

- Bobrovnikskiy I.P., Fesyun A.D., Yakovlev M.Yu., Tumanova-Ponomareva N.F. Historical, conceptual and practical aspects of the development of rehabilitation medicine as a scientific basis for health saving the population of the Russian Federation. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 3: 2-21. (In Russ.).
6. Рожкова В.П., Аль-Замиль М., Куликова Н.Г., Миненко И.А., Васильева Е.С., Жук Ю.М. Сочетание демиелинизирующего поражения спинного мозга, атрофии головного 8. мозга, прогрессирующей демиелинизирующей полиневропатии у пациента с болезнью Лебера. *Клинический случай. Клиническая неврология*. 2019. № 1. С. 3-7.
Rozhkova V.P., Al-Zamil M., Kulikova N.G., Minenko I.A., Vasilyeva E.S., Zhuk Yu.M. Combination of demyelinating lesions of the spinal cord, brain atrophy 8. brain, progressive demyelinating polyneuropathy in a patient with Leber's disease. *Clinical case. Clinical neurology*. 2019. № 1. S. 3-7 (In Russ.).
 7. Аль-Замиль М.Х., Миненко И.А., Куликова Н.Г. Прямая транскожная электронейростимуляция при лечении патологий периферической нервной системы. *Физиотерапевт*. №3. 2020:57-69
Al-Zamil M.Kh., Minenko I.A., Kulikova N.G. Direct transcutaneous electrical neurostimulation in the treatment of pathologies of the peripheral nervous system. *Physiotherapist*. №3. 2020:57-69 (In Russ.).
 8. Аль-Замиль М.Х., Миненко И.А., Куликова Н.Г. Сравнительный анализ между высокоинтенсивной низкоамплитудной транскожной электронейростимуляцией и низкоинтенсивной высокоамплитудной транскожной электронейростимуляцией при лечении нейропатического болевого синдрома у пациентов с СД 2-го типа. *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2018. № 5. С. 2. (In Russ.).
 9. Kulikov V.Yu. Vliyaniya slabyyh ekologicheskikh faktorov na sistemu gemostaza i reaktivnost' kletok effektorov vospaleniya v eksperimente Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya .2011 – Vol.28 – №3 – P.320-326.
Kulikov, E.A. Kozyaeva, O.V. Sorokin V.Yu. Effects of weak ecological factors on hemostasis system and reactivity of inflammation effectors cells in experiment. *World of science, culture, education*. – 2011 – Vol.28 – №3 – P.320-326. [in Russian].
 10. Gurfinkel Yu. I. Effect of zero magnetic field on cardiovascular system and microcirculation / Yu.I Gurfinkel, Yu At'kov, A.L. Vasin et al. *Life Sciences in Space Research*. 2016. V.8. P. 1-7.
 11. Селин А.Д., Терехина Н.А., Терехин Г.А. Влияние электромагнитного излучения на показатели гомеостаза. *Современные проблемы науки и образования*. 2023. № 1.: 67-73; URL: <https://science-education.ru/ru/article/viewid=32449>
Selin A.D., Terekhina N.A., Terekhin G.A. Influence of electromagnetic radiation on homeostasis indicators. *Modern problems of science and education*. 2023. № 1: 67-73; URL: <https://science-education.ru/ru/article/viewid=32449> (date of access: 09.03.2023) (In Russ.).
 12. Ткачев С.Ю., Кит О.И., Максимов А.Ю., Новикова И.А., Гончарова А.С., Хомутенко И.А., Шевченко А.Н., Филатова Е.В. Модели болевого синдрома в экспериментальной онкологии. *Современные проблемы науки и образования*. 2020. № 1.: 83-92; URL: <https://science-education.ru/ru/article/viewid=29420>

ROLE OF NEUROPHYSIOLOGICAL INDICATORS IN ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF MAGNETIC PULSE STIMULATION IN PERIPHERAL NEUROPATHY, INDUCED BY CYTOSTATICS

Kulikova N.G ¹, Fesyun A.D. ¹, Konchugova T.V. ¹, Kulchitskaya D.B. ¹,

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

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

ABSTRACT. The relevance of the study is due to the fact that according to published data, the incidence of peripheral neuropathy induced by cytostatics (PNPIS) is 90% against the background of treatment with cytostatic drugs and in 30% after their cancellation, which indicates the high relevance and scientific and practical significance of the study.

Purpose. To increase the clinical effectiveness of medical rehabilitation of cancer patients with peripheral polyneuropathy induced by cytostatics by including high-intensity pulsed magnetic therapy (VIMT) in the complex.

Materials and methods. Neurophysiological parameters were evaluated according to the data of functional tests (thermal, cold, VAS) before the use of VIMT in patients of the PNPI. Data from the WHO International Classification Scale were used to assess the severity of peripheral polyneuropathy and the QLO-CIPN20 scale. The average age of the patients included in the study was 57.2±5.3 years. The average duration of the disease is 1.9±0.5 years. The condition of the patients was assessed before / after the use of VIMT in the area of peripheral nerve damage in the lower extremities. The distribution of patients with PNPIS was carried out in two groups: The main group (n = 30) - patients received VIMT on the foot area, in the mode of sequential execution for 30 seconds of the electromagnetic field with a changing frequency, the pulse / pause ratio and the intensity of electromagnetic inductance from 200 mT to 600 mT. The time of exposure to the procedure is 14 minutes, 7 minutes per limb. The course of treatment is 10

procedures carried out every other day. Patients from the Control Group received standard drug therapy. Analysis of statistical data was carried out in Microsoft Office Excel (2017) and SPSS statistical processing (PASW Statistics version, 2018). Parametric (linear correlation method, Student's criterion) and nonparametric methods (Spearman rank correlation coefficient, unpaired Wilcoxon-Mann-Whitney criterion and Wilcoxon paired criterion) were used. The differences were considered significant at $p < 0.05$.

Outcomes: Emphasis was placed on new neurophysiological data of patients of PNPIC before /after VIMT.

Findings. after the cold test, the largest modulus of reliable change was noted in the level of «Perfusion at the time of cold exposure» (from 4.47 ± 2.22 to 5.28 ± 1.93) whereas after the thermal stimulus the statistically significant was "Perfusion during the period of thermal recovery" (from 3.46 ± 1.18 to 7.01 ± 1.16), reflecting the degree of post-thermal reactive hyperemia detected only in patients who received VIMT, which indicates its positive effect on metabolic processes in the neural zones of damage toxic components of cytostatic drugs.

Keywords. VIMT, PPNITZ, YOUR, thermal, cold samples.

Сведения об авторах

Куликова Наталья Геннадьевна, д.м.н., профессор главный научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, E-mail: kulikova@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6895-0681>

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

Кончугова Татьяна Венедиктовна, д.м.н., профессор, заведующий отделом физиотерапии и рефлексотерапии, ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-0991-8988>

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

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК. 615.825

**ВЛИЯНИЕ ТЕРРЕНКУРА НА ПАТТЕРН ХОДЬБЫ У ПАЦИЕНТОВ С
ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА ПО ДАННЫМ ВИДЕОАНАЛИЗА
ПОХОДКИ**

Попов А.И.¹, Лобанов А.А.², Андронов С.В.², Гришечкина И.А.^{1*}, Терентьев К.В.³

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

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

³ Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирский, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ. Ожирение и избыточная масса тела широко распространены в современном мире и могут быть рассмотрены не только как самостоятельная патология, но и как факторы риска сердечно-сосудистых и многих других заболеваний. Использование физических нагрузок (лечебной ходьбы/терренкура), в качестве неотъемлемой части терапии, способно достичь не только лечебного результата, но и значимых изменений в строении тела. Одной из проблем у пациентов с ожирением является затруднение, испытываемое ими в процессе выполнения физических нагрузок вследствие нарушения паттерна ходьбы, связанное с дисбалансом мышечных цепей, в том числе тазового региона, шейного отдела, что снижает выносливость и приверженность к занятиям физической культурой.

В результате исследования выявлено, что в группе воздействия (Терренкур) получены более низкие значения показателей «общий жир», «метаболический возраст», «базовая калорийность» по сравнению с исходными результатами и группой контроля; в группе воздействия (Терренкур) выявлено уменьшение отклонения центра проекции оси тела от должной оси, процент несоответствия должным колебаниям недоразгибания стопы. Данные изменения способствовали устранению ограничений при прохождении терренкура, и как результат, повышению комплаенса пациентов при занятиях терренкуром.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: масса тела; хабилет; гулять пешком; походка; программное обеспечение; терренкур.

* Адрес для переписки:

Гришечкина Ирина Александровна, grischechkinaia@nmicrk.ru

Цитирование: Попов А.В., Лобанов А.А., Андронов С.В., Гришечкина И.А., Терентьев К.В. Влияние терренкура на паттерн ходьбы у пациентов с избыточной массой тела по данным видеонализа. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023. 2: 20-28.

Citation: Popov A.I., Lobanov A.A., Andronov S.V., Grischechkina I.A., Terentiev K.V. The use of electrical stimulation, local air cryotherapy, massage and robotic mechanotherapy with biofeedback in patients after knee replacement in the late postoperative period.

Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2023. 2: 20- 28.

ВВЕДЕНИЕ

Избыточная масса тела и ожирение широко распространены в современном мире, но несмотря на это факт процент взрослых и детей с избытком массы тела ежегодно продолжает расти. Так по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в период с 1975 по 2016 г. доля детей и подростков в возрасте от 5 до 19 лет, имеющих избыток массы тела, увеличилась во всем мире более чем в четыре раза, с 4% до 18%, а также каждый год более 4 миллионов человек умирают от его последствий [1-4]. Избыточный вес и ожирение являются основными факторами риска возникновения хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ), к которым относятся, в первую очередь, сердечно-сосудистые болезни (инфаркт миокарда, инсульт), являющиеся главной причиной смертности во всем мире.

В большинстве случаев возможно снизить массу тела или восстановить нормальный вес. Хотя определенную роль в редукции массы тела могут играть другие факторы, главной причиной ожирения в настоящее время считается дисбаланс между потребляемыми и расходуемыми калориями [1, 2, 5]. Поэтому только сочетание физической активности с диетотерапией позволяет добиться стабильных результатов, положительно влияя на психогенный компонент ожирения [6]. Эффективным методом снижения массы тела является терренкур [7]. Ходьба улучшает координацию движений, равновесие и общую подвижность за счет укрепления основных групп мышц, повышает общую работоспособность, регулирует работу центральной нервной системы [8, 9], способствует восстановлению нормального паттерна ходьбы, стабилизации региона таза и шейного отдела. Тренировки на терренкуре в санаторно-курортных условиях могут быть первым шагом к изменению образа жизни и прекрасно мотивировать пациентов [10]. Наиболее эффективны занятия физической активностью на открытом воздухе [11]. Широкий спектр погодных и ландшафтно-микrokлиматических факторов: инсоляция, активирующая обмен веществ, ветровые нагрузки, активирующие кровообращение в подкожной клетчатке и стимулирующее термообразование, морские аэрозоли, способствующие усилению газообмена в легких и оксигенации крови [12, 13].

Цель: изучить изменения строения тела, паттернов ходьбы, микроциркуляции, лимфотока и тканевого метаболизма в группах пациентов, проходивших и не проходивших курс терренкура с целью оценки влияния данного вида физических тренировок на организм пациентов с избыточной массой тела.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В лечебно-реабилитационном клиническом центре «Юдино» в период с июля по ноябрь 2021 года было проведено клиническое сравнительное исследование, в котором приняли участие 36 условно-здоровых добровольцев. 14 мужчин и 22 женщины (61,1 % и 38,9 % соответственно) с медианой среднего возраста – 60,0 лет [LQ - 53,0 лет; UQ - 64,0 года], которые были разделены на две сопоставимые по половозрастным параметрам группы: «контроль» (группа 1) и «щадающий терренкур» (группа 2- воздействия). Медиана среднего веса добровольцев составила – 105,1 кг (86,9; 117,9 [UQ, LQ]). Все добровольцы имели избыточную массу тела, у некоторых испытуемых в анамнезе отмечалась артериальная гипертензия I-II степени (корригированная, на момент исследования) или другие факторы риска сердечно-сосудистых и/или эндокринных заболеваний.

После получения предварительного согласия на участие в клиническом исследовании от добровольца и подписания формы информированного согласия, участники исследования разбивались на 2 группы – группу воздействия (терренкур) и группу контроля. Группа воздействия включала – 14 человек, группа контроля – 22 испытуемых.

Воздействие заключалось в проведении курса терренкура (7-10 процедур) с использованием построенного маршрута 1400 метров, с уклоном не более 12° ежедневно в одно и тоже время в течении 30 - 40 минут 6 дней в неделю, кроме воскресенья, днём в 12 и 16 часов. Тренировки проводились в темпе, обеспечивающем нагрузку средней интенсивности. Интенсивность физической нагрузки рассчитывалась по стандартной формуле [14] с соблюдением всех необходимых требований для проведения занятия терренкуром.

До и после курса тренировок (терренкура) – в группе вмешательства, в первый и на 8-11 день – в группе контроля были проведены следующие исследования: состава тела с помощью биоимпедансометрии (биоанализатор TANITA BC-1000, Япония), стабилметрическое исследование (комплекс Habilect, Россия) (рис. 1), лазерная доплеровская флоуметрия и флуоресцентная спектроскопия биомаркера окислительного метаболизма (аппарат «ЛАЗМА СТ», Россия) [15, 16].

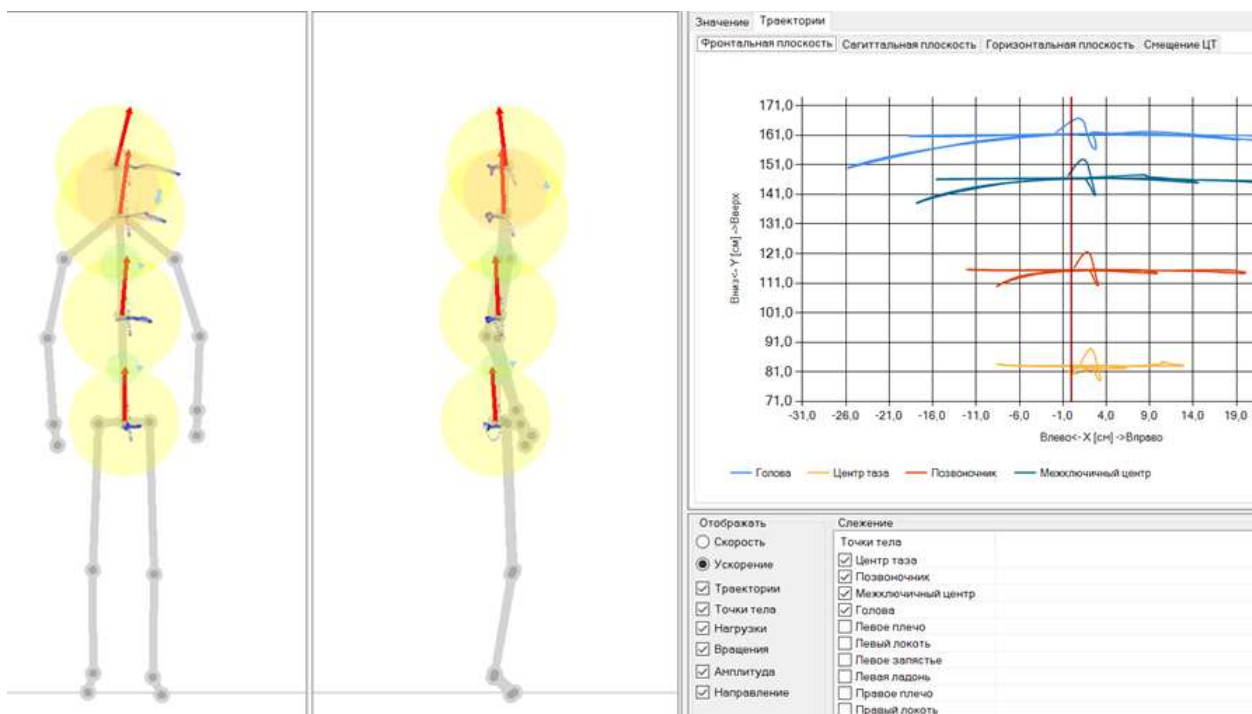


Рисунок 1. Схематическое изображение точек измерения, размера и отклонения векторов движения (слева), траекторий движения основных отделов тела (справа)

Статистическая обработка проведена с использованием методов описательной статистики. В связи с малой численностью выборки и ненормальным характером её распределения, для оценки межгрупповой и внутригрупповой динамики показателей использовались непараметрические методы: критерий χ^2 , тест Манна-Уитни, тест Вилкоксона [17].

Обработка статистических данных произведена с помощью пакета программ Statistica for Windows, v. 8.0 (StatSoft Inc., США) и Microsoft Excel (Microsoft, США). Достоверность различий считалась установленной при $p < 0,05$

Все испытуемые дали информированное согласие на включение до участия в исследовании. Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией, протокол одобрен Этическим комитетом Национального медицинского исследовательского центра (протокол № 4, 15 апреля 2021 г.)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первоначально нами были проанализированы числовые данные, полученные при оценке динамики массы тела (кг) и состава тела, с помощью оценки показателей биоимпедансного метода исследования (процентное содержание жира и воды в теле (%), мышечную массу (%), физическую конституцию (в баллах), основной обмен (ккал), метаболический возраст (годы), костную массу (кг), уровень висцерального жира (баллы)).

Статистически достоверная разница была выявлена при оценке внутригрупповой динамики показателя «базовая калорийность», последний снизился в группе вмешательства, по окончании исследования ($T - 4,0$; $p < 0,05$) (рис. 2).

Также были получено статистически значимое снижение показателя «метаболический возраст» в группе вмешательства ($U - 12,0$; $p < 0,05$) (рис. 4), оцениваемое до и после проведения методики терренкура.

Другие показатели полученные с помощью оценки состава тела и лазерной доплеровской флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии биомаркера окислительного метаболизма не имели статистически достоверной разницы при оценке внутригрупповой динамики до и после проведения терренкура в группе вмешательства и группе контроля.

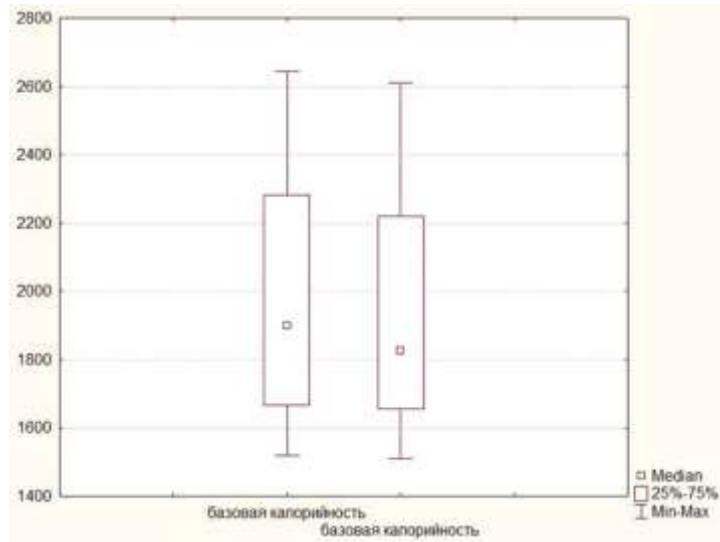


Рисунок 2. Сравнение данных, полученных в группе вмешательства по показателю «базовая калорийность» до и после проведения терренкура, ккал

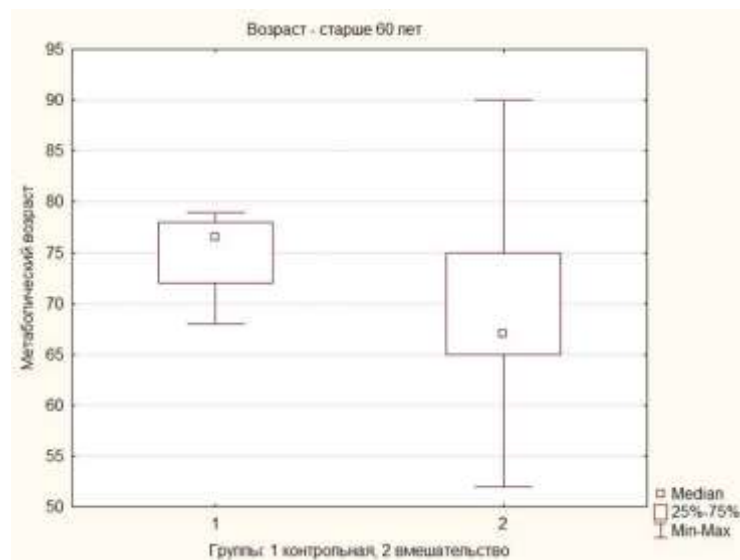


Рисунок 4. Сравнение показателя «метаболический возраст» в группе контроля и группа вмешательства, лет

Проведение курса терренкура позволило получить следующие статистически значимые положительные эффекты в группе вмешательства по сравнению с группой контроля: снижение содержания общего и внутреннего жира, базовой калорийности и метаболического возраста (рис. 2), а также снижение уровня шунтирования микрокровотока по данным лазерной доплеровской флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии биомаркера окислительного метаболизма.

Результаты стабилметрического исследования представлены в таблице 1 и таблице 2, которые иллюстрируют уменьшение отклонений движения по основным осям тела точки головы и центра масс тела, а также уменьшение размаха и направлений вектора движения тела после терренкура, что субъективно отмечалось, как исчезновение неустойчивости при ходьбе.

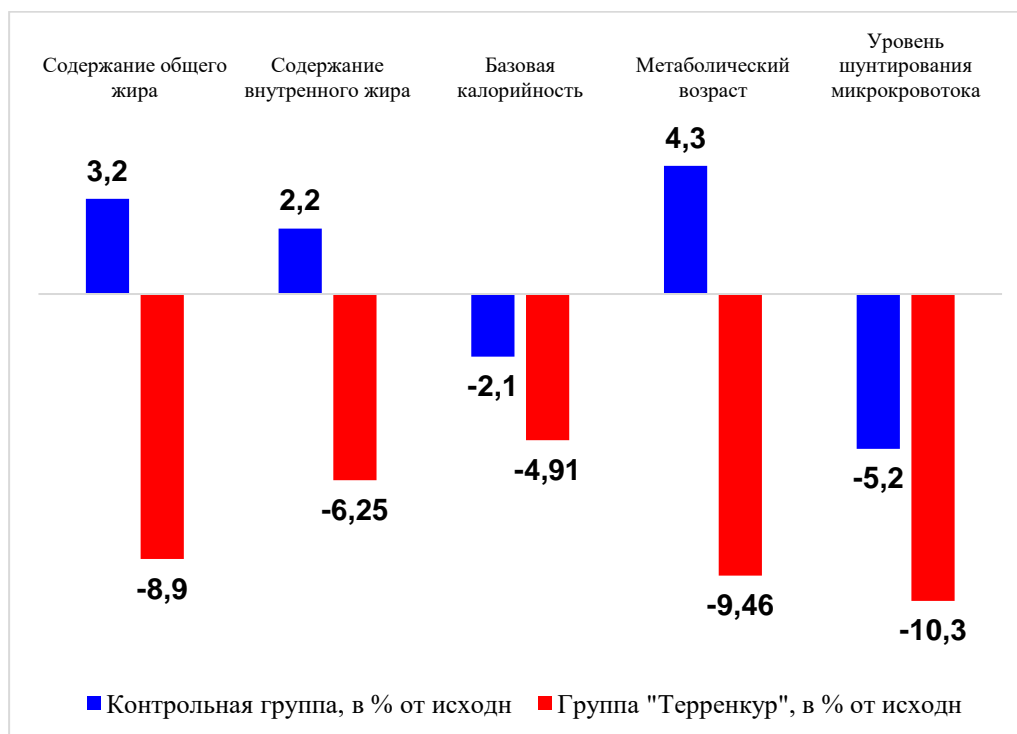


Рисунок 2. Динамика от исходного ряда показателей (содержание общего и внутреннего жира, базовой калорийности, метаболического возраста) в группах контрольная и вмешательства (Терренкур)

Таблица 1. Результаты стабилотрии по центральным осям тела до и после вмешательства

Параметр / ось тела		Ось тела X, см	Ось тела Y, см
До терренкура	Median (Me)	3,2	-28,01
	Q25	-90	-28,01
	Q75	90,5	14,76
После терренкура	Median (Me)	-8,96	-29,59
	Q25	-99,2	-30,5
	Q75	-80,6	30,09
% отклонения от первоначального значения	Median (Me)	300,5%*	102,45%
	Q25	100,98%*	103,45%
	Q75	85,28%*	220,95%

* Диапазон значений представлен медианой и квантилями (Q₂₅; Q₇₅), анализ различий проведён с помощью T-критерия Вилкоксона (критический уровень значимости критерия p < 0,05).

Таблица 2. Результаты стабилотрии по центральным осям точек головы до и после вмешательства

Параметр / ось тела		Ось тела X, см	Ось тела Y, см
До терренкура	Median (Me)	-0,82	120,33
	Q25	-1,2	60,13
	Q75	-0,9	120,94
После терренкура	Median (Me)	1,4	105,42
	Q25	-10,0	50,49
	Q75	2,2	105,42
% отклонения от первоначального значения	Median (Me)	160,04%*	83,7%*
	Q25	821,77%*	83,7%*
	Q75	258,70%*	80,1%*

* Диапазон значений представлен медианой и квантилями (Q₂₅; Q₇₅), анализ различий проведён с помощью T-критерия Вилкоксона (критический уровень значимости критерия p < 0,05).

При расчёте прироста отклонения основных осей тела (в горизонтальной (Y), фронтальной (вертикальная, X) и саггитальной (вертикальная, Z) плоскостях) от исходного значения с помощью Т-критерия Вилкоксона выявлены статистически значимые отклонения тела по оси X (прирост 300,5%, $p=0,05$) и оси Y (прирост 102,45%, $p=0,02$).

При расчёте прироста отклонения осей головы от исходного значения с помощью критерия Т-критерия Вилкоксона выявлены статистически значимые отклонения по оси X (прирост 160,04%, $p=0,02$) и оси Y (прирост 83,7%, $p=0,01$).

Кроме того, выявлено достоверное уменьшение смещения центральной точки в группе «Терренкур», по сравнению с группой контроля ($U = 24,0$; $p=0,008$) (рис. 5).

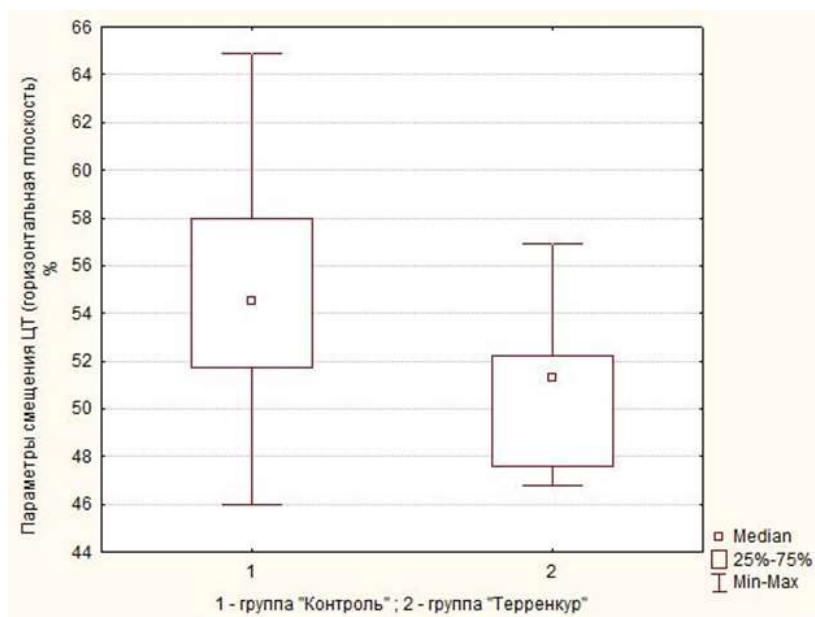


Рисунок 5. Параметры смещения центральной точки (ЦТ) в группе контроля и группе вмешательства, %

Выявлено достоверное уменьшение процента несоответствия должным значениям показателя «Недоразгибание ноги» в группе «Терренкур», по сравнению с группой контроля ($U = 29,0$; $p=0,02$) (рис. 6).

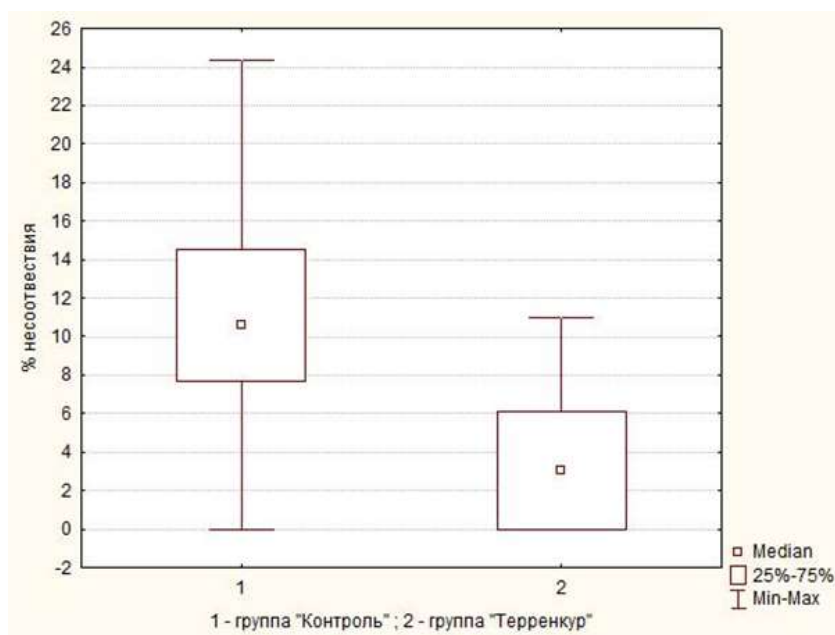


Рисунок 6. Процент несоответствия должным значениям показателя «Недоразгибание ноги» в группе контроля и группе вмешательства, %

Восстановление физиологического паттерна ходьбы и стабилизация тазового региона требует меньших затрат ресурсов ЦНС, что проявляется большей толерантностью к физической нагрузке и как результат, повышению комплайенса пациентов при занятиях терренкуром.

Таким образом, по результатам стабилметрического исследования было выявлено уменьшение амплитуды отклонений осей тела во всех трёх исследуемых плоскостях, что свидетельствует о улучшении работы 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, играющей 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».

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.

Увеличение угла подъёма стопы, указанного на рисунке 6 свидетельствует о изменении паттерна ходьбы, характеризующегося повышением функциональной активности больших ягодичных мышц, четырёхглавых и мышц голени. Данный паттерн ходьбы обеспечивает включение крупных мышц нижних конечностей, что приводит к улучшению венозного кровотока, лимфотока, ускоряет метаболизм в крупных мышцах.

Уменьшение амплитуды движений в тазовом и грудном отделе (рис. 5), свидетельствует о восстановлении работы мышц-стабилизаторов таза, диафрагмы таза и мышц живота. Улучшение работы данных мышц способствует восстановлению нормальных траекторий смещения внутренних органов при дыхании и ходьбе, что способствует улучшению кровотока, лимфотока и метаболизма в депо висцерального жира.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Было выявлено что пациенты в группе воздействия (Терренкур) демонстрировали более низкие значения показателей «общий жир», «метаболический возраст», «базовая калорийность» по сравнению с исходными результатами и группой контроля, что свидетельствует о положительном воздействии терренкура на жировой обмен у пациентов с избыточной массой тела и ожирением;

Было выявлено что пациенты в группе воздействия (Терренкур) демонстрировали уменьшение отклонения центра проекции оси тела от должной оси, процент несоответствия должным колебаниям недоразгибания стопы, что свидетельствует о восстановлении нормального паттерна ходьбы, стабилизации региона таза и шейного отдела. Данные изменения способствовали устранению ограничений при прохождении терренкура, улучшению венозного кровотока.

Благодарности: Коллектив авторов статьи выражают благодарность за помощь в проведении исследования заведующей отделением лечебной физической культуры Агафошиной Екатерине Александровне, врачу ЛФК Авдеевой Ирине Александровне и инструкторам ЛФК ЛРКЦ «Юдино», а также главному врачу – Ерёмушкину Михаилу Владимировичу.

Авторы выражают благодарность Козлову Алексею Михайловичу (генеральный директор ООО «Хабилект») за безвозмездное предоставление стабилметрического комплекса HAVILECT для проведения данного исследования.

Источник финансирования: Исследование выполнено в рамках темы научно-исследовательской работы «Разработка цифровых технологий биоклиматического прогнозирования и микроклиматического зони-

рования для повышения эффективности и безопасности влияния на сердечно-сосудистую систему применения терренкура в лечении пациентов с избыточной массой тела» Министерства здравоохранения Российской Федерации, НИОКРТР № 121040200110-0.

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Guénard F., Houde A., Bouchard L., Tchernoф A., Deshaies Y., Biron S. Lescelleur, O., Biertho, L., Marceau, S., Pérusse, L., Vohl, M.C. Association of LIPA gene polymorphisms with obesity-related metabolic complications among severely obese patients. *Obesity*. 2012; 20(10): 2075-82. <https://doi.org/0.1038/oby.2012.52>.
2. WHO. Media centre. Obesity and overweight. Fact sheet: N°311, January 2015. Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> (accessed: 11 Nov 2021)
3. Мельниченко Г.А., Романцова Т.И. Ожирение: эпидемиология, классификация, патогенез, клиническая симптоматика и диагностика М.: МИА; 2004.
Mel'nichenko G.A., Romantsova T.I. Ozhirenie: epidemiologiya, klassifikatsiya, patogenez, klinicheskaya simptomatika i diagnostika [Obesity: epidemiology, classification, pathogenesis, clinical symptoms and diagnosis]. Moscow: MIA; 2004. [In Russ.]
4. Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. Report of a WHO Consultation. WHO: Technical Report Series; 2000.
5. Фролков В.К., Нагорнев С.Н. Неспецифические механизмы реализации биологического потенциала природных факторов в системе гормональной регуляции обмена углеводов и липидов. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2021; 4: 2-15.
Frolkov V.K., Nagornev S.N. Non-specific mechanisms for realizing the biological potential of natural factors in the system of hormonal regulation of carbohydrate and lipid metabolism. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2021; 4:2-15. [In Russ.]
6. Wimalawansa S.J. Controlling Obesity and Its Complications by Elimination of Causes and Adopting Healthy Habits: «Cause-Driven» Approach. *Advances in Medical Sciences*. 2014; 3 (1): 1-15.
7. Салимгареева И.А., Ахмадуллин Р.В., Гильмутдинова Л.Т., Габдуллина Н.Т. Диетотерапия ожирения в условиях санатория. Актуальные проблемы респираторной медицины, бальнеологии и физиотерапии: Материалы Всероссийского конгресса с международным участием «Здравница». М.; 2003: 172.
Salimgareeva, I.A., Ahmadullin, R.V., Gil'mutdinova, L.T., Gabdullin, N.T. Dietoterapiya ozhireniya v usloviyah sanatoriya [Diet therapy of obesity in a sanatorium]. Actual problems of restorative medicine, balneology and physiotherapy: Proceedings of the International Congress "All-Russian forum "Zdravnitsa 2003". Moscow; 2003: 172. [In Russ.]
8. Платонов В.Н. Сохранение и укрепление здоровья людей – приоритетное направление современного здравоохранения. *Спортивная медицина*. 2006; 2: 3–14.
Platonov V.N. Sohranenie i ukreplenie zdorov'ya lyudej – prioritetnoe napravlenie sovremennogo zdavoohraneniya [Preservation and strengthening of people's health is a priority direction of modern health care]. *Sportivnaya medicina*. 2006; 2: 3–14. [In Russ.]
9. Бариева Ю.В., Ботвинева Л.А., Кайзинова А.С., Самсонова Н.А. Роль физических нагрузок и питьевых минеральных вод в профилактике и лечении абдоминального ожирения – основы метаболического синдрома. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2017; 16 (5): 228-233.
Barieva Yu.B., Botvineva L.A., Kajsinova A.S., Samsonova N.A. Rol' fizicheskikh nagruzok i pit'evykh mineral'nyh vod v profilaktike i lechenii abdominal'nogo ozhireniya - osnovy metabolicheskogo sindroma [The role of physical activity and drinking mineral water in the prevention and treatment of abdominal obesity - the basis of the metabolic syndrome]. *Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya*. 2017; 16 (5): 228-233. [In Russ.]
10. Хоркина Н.А., Филиппова А.В. Физическая активность пожилых людей как объект государственной политики. *Вопросы государственного и муниципального управления*. 2015; 2: 197-222.
Khorkina N.A., Filippova A.V. Physical activity of elderly people as a public policy object. *Voprosy gosudarstvennogo i munitsipal'nogo upravleniya*. 2015; 2: 197-222 [In Russ.]
11. Expert panel report: Guidelines (2013) for the management of overweight and obesity in adults. *Obesity*. 2014; 22 (S. 2): S41-S410.
12. Sallis J., Floyd M., Rodriguez D., Saelens B. Role of Built Environments in Physical Activity, Obesity, and cardiovascular disease. *Circulation*. 2012; 125 (5): 729-737. <https://doi.org/10.1002/oby.20660>
13. Яковлев М.Ю., Туманова-Пономарева Н.Ф., Фесюн А.Д. Научные основы медицинской реабилитации и санаторно-курортного лечения. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2021; 4: 52-58.
Yakovlev M.Yu., Tumanova-Ponomareva N.F., Fesyun A.D. Scientific bases of medical rehabilitation and sanatorium treatment. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2021; 4:52-58. [In Russ.]
14. Fletcher G.F., Ades P.A., Kligfield P., Arena R., Balady G.J., Bittner V.A., Coke, L.A., Fleg, J.L., Forman, D.E., Gerber, T.C., Gulati, M., Madan, K., Rhodes, J., Thompson, P.D., Williams, M.A. American Heart Association Exercise: Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee of the Council on Clinical Cardiology, Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, and Council on Epidemiology and Prevention. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2013; 128(8): 873-934. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e31829b5b44>.

15. Иванова Е.П., Лобанов А.А., Андронов С.В., Фесюн А.Д., Рачин А.П., Барашков Г.Н., Богданова Е.В., Гришечкина И.А., Попов А.И., Лебедева О.Д., Яковлев М.Ю., Сидоров В.В. Аквааэробика 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>
Ivanova E.P., Lobanov A.A., Andronov S.V., Fesyun A.D., Rachin A.P., Barashkov G.N., Bogdanova E.V., 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> [In Russ.]
16. 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. <https://doi.org/10.3390/s20164405>
17. Petrie A., Sabin C. Medical Statistics at a Glance. 4th ed.; Wiley-Blackwell: USA; 2019. ISBN: 978-1-119-16781-5

INFLUENCE OF THE TERRENCOUR ON THE WALKING PATTERN IN OVERWEIGHT PATIENTS ACCORDING TO THE VIDEO ANALYSIS OF THE GAIT

Popov A.I.¹, Lobanov A.A.², Andronov S.V.², Grishechkina I.A.^{1*}, Terentiev K.V.³

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

² Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

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

ABSTRACT. Obesity (overweight) are widespread in the modern world and can be considered not only as an independent pathology, but also as risk factors for cardiovascular and many other diseases. The use of physical activity (therapeutic walking / health path), as an integral part of therapy, can achieve not only a therapeutic result, but also significant changes in the structure of the body. One of the problems in patients with obesity is the difficulty they experience in the process of performing physical activity due to a violation of the walking pattern, associated with an imbalance of muscle chains, including the pelvic region, the cervical region, which reduces endurance and adherence to physical education.

As a result of the study, it was revealed that in the treatment group (Terrenkur) lower values of the indicators "total fat", "metabolic age", "basic caloric content" were obtained compared with the initial results and the control group; in the exposure group (Terrenkur) a decrease in the deviation of the center of the projection of the body axis from the proper axis, the percentage of inconsistency with the proper fluctuations of underextension of the foot, was revealed. These changes contributed to the elimination of restrictions during the passage of the health path, and as a result, an increase in the compliance of patients with health paths.

Keywords: body mass; Habilect; walk; gait; software; health path.

Сведения об авторах

Попов Андрей Иванович, к.м.н., старший научный сотрудник отдела изучения механизмов действия физических факторов ФГБУ «НМИЦ реабилитации и курортологии» Минздрава РФ, 121099, г. Москва, ул. Новый Арбат, 32, Россия, e-mail: PopovAI@nmicrk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0614-8116>

Лобанов Андрей Александрович, д.м.н., главный научный сотрудник лаборатории молекулярной диетологии ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Минздрава РФ, 119991, г. Москва, ул. Большая Пироговская, дом 2, стр.4 119991, Россия, e-mail: alobanov89@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-6615-733X>

Андронов Сергей Васильевич, к.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной диетологии ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Минздрава РФ, 119991, г. Москва, ул. Большая Пироговская, дом 2, стр.4 119991, Россия, e-mail: sergius198010@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5616-5897>

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

Терентьев Кирилл Вадимович, очный аспирант кафедры неврологии Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского, 129110, г. Москва, ул. Щепкина, 61/2, Россия, e-mail: kirill-terentev21@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0858-1906>

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 574.24:159.922.262

**ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ К ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ
У ЖИТЕЛЕЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Мячина О.В., Пашков А.Н., Парфенова Н.В.* , Щетинкина Н.А., Обыденных Е.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Воронеж, Россия

РЕЗЮМЕ. Регулярные физические упражнения являются важным компонентом сохранения здоровья у жителей крупных индустриальных центров. Развитие городской инфраструктуры, преобладание интеллектуального труда над физическим приводят к гиподинамии. Умеренная физическая активность - необходимый фактор, запускающий в организме комплекс адаптивных изменений, позволяющих бороться с малоподвижным образом жизни.

В связи с этим, было изучено влияние физической нагрузки на адаптационный потенциал, уровень шапероноподобной активности и кислоторастворимых нуклеотидов в секретах подчелюстных и подъязычных слюнных желёз (ПЧПЯЖ).

Исследование адаптационного потенциала до и после физической нагрузки выявило его снижение в 1,33 раза от исходного уровня. Под влиянием физической нагрузки значительно растёт уровень аденозина и АТФ ($p < 0,05$). Соотношения АТФ/АДФ, АТФ/АМФ, ГТФ/ГДФ увеличиваются в 4,7, 4,1 и 4,5 раз, соответственно. Уровень шапероноподобной активности до физической нагрузки составил $54,66 \pm 6\%$, после – $41,02 \pm 6\%$,

Исследуемые показатели могут быть использованы как критерии оценки функционального состояния у лиц, занимающихся регулярными физическими упражнениями.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: адаптация, физическая нагрузка, слюнные железы, нуклеотиды, шапероноподобная активность.

ВВЕДЕНИЕ

Регулярные физические упражнения - важный компонент сохранения здоровья и поддержания двигательной активности у жителей крупных индустриальных центров. Развитие городской инфраструктуры, транспортных средств, преобладание интеллектуального труда над физическим приводят к гиподинамии [1-5]. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), гиподинамия является четвертым по значимости фактором риска смертности [6]. Регулярная физическая нагрузка необходима для поддержания тонуса нервно-мышечного аппарата, сердечно-сосудистой, бронхолегочной и других систем организма [7-9].

С началом физической активности учащается дыхание, растёт его минутный объём, увеличивается частота сердечных сокращений (ЧСС), артериальное давление (АД) и скорость кровотока [10]. По мере развития адаптивной реакции при тех же нагрузках наблюдается урежение ЧСС, снижение АД, увеличение пульсового давления, количества эритроцитов и лимфоцитов в крови [11, 12]. Изменения в бронхолегочной системе взаимосвязаны с преобразованиями в опорно-двигательном аппарате. Умеренная физическая

* Адрес для переписки:

Парфенова Наталья Владимировна, assistant78.9@mail.ru

Цитирование: Мячина О.В., Пашков А.Н., Парфенова Н.В., Щетинкина Н.А., Обыденных Е.В. Особенности адаптации к физической нагрузке у жителей урбанизированных территорий. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023. 2: 29-35.

Citation: Myachina O.V., Pashkov A.N., Parfenova N.V., Shchetinkina N.A., Obydennykh E.V. Peculiarities of adaptation to physical activity among residents of urbanized territories. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023. 2: 29-35.

активность способствует обновлению и росту миоцитов, увеличению интенсивности окислительно-восстановительных процессов в мышечной ткани. Под воздействием упражнений средней интенсивности изменяется содержание глюкагона и инсулина, что приводит к увеличению гликогенолиза и глюконеогенеза в печени [13].

Физическая нагрузка активирует белки-шапероны, ответственные за предотвращение агрегации и денатурации белков, восстановление их пространственной структуры, обеспечения адаптивных реакций и предотвращения запрограммированной гибели клеток [14].

Согласно литературным данным, разные виды стрессорных факторов (гипоксия, холод, плавание и др.) вызывают однонаправленные изменения активности ферментов метаболизма пуриновых нуклеотидов и их производных (АТФ, АДФ, АМФ, аденозин, инозин и др.).

Таким образом, умеренная физическая активность запускает в организме комплекс адаптивных изменений, позволяющих бороться с малоподвижным образом жизни. Важно отметить, что занятия не только спортом, но и физкультурой в настоящее время рассматриваются как физиологический стресс. При этом наиболее доступным и удобным способом определения уровня различных химических соединений является изучение их содержания в слюне [15-21].

Однако проведенный анализ литературных данных показал недостаточное количество научных работ, посвященных исследованию некоторых биологически активных соединений в секретах слюнных желёз при адаптации к физической нагрузке.

Цель заключалась в изучении влияния физической нагрузки на адаптационный потенциал, уровень шапероноподобной активности и кислоторастворимых нуклеотидов в секретах больших слюнных желёз.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе работы было проведено комплексное обследование 20 практически здоровых жителей г. Воронежа, занимающихся теннисом 1-2 раза в неделю по 1,5 часа (средний возраст составил 29±9 лет). Для оценки динамики пластических и энергетических процессов в организме у всех обследуемых до и после физической нагрузки был определен уровень адаптационного потенциала, свободных (кислоторастворимых) нуклеотидов и шапероноподобной активности в секретах слюнных желёз.

Уровень адаптационного потенциала к физической нагрузке рассчитывали по методике Р.М. Баевского [22]. У обследуемых измеряли рост, вес, частоту пульса в минуту, величины систолического и диастолического давления крови.

Расчет производился по формуле:

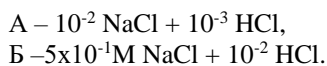
$$AP = 0,011x(ЧСС) + 0,014x(СД) + 0,008x(ДД) + 0,014x(возраст) + 0,009x(вес) - 0,009x(рост) - 0,27, \quad (1)$$

где AP – адаптационный потенциал, ЧСС – частота пульса в минуту, СД – систолическое давление (мм рт. ст.), ДД – диастолическое давление (мм рт.ст.), вес (кг), рост (см), возраст (лет).

При AP < 2 уровень адаптации хороший, при 2 < AP ≤ 2,1 – удовлетворительный, при 2,1 < AP ≤ 3,0 наблюдается напряжение адаптации, при 3,0 < AP ≤ 4,1 – уровень адаптации неудовлетворительный. Величина AP > 4,1 характерна для срыва процесса адаптации.

Для сбора секрета слюнных желез использовали слюноотборник Sarstedt D-51588 Numbrecht. Пробы центрифугировали в течение 7 минут при 3000 об/мин.

Для определения свободных нуклеотидов к 1 мл секрета добавляли 1 мл HClO₄, центрифугировали. Надосадочную жидкость подщелачивали 1N раствором КОН до pH 8,0. Образовавшийся осадок KClO₄ отделяли центрифугированием. Затем 500 мкл кислоторастворимой фракции наносили на хроматографическую колонку Sepharose Q системы FPLS® System (Швеция). Для разделения нуклеотидов применяли ступенчатый градиент, состоящий из двух компонентов:



Скорость элюции составила 1 мл/мин, длина волны – 260 нм. Для идентификации элюированных нуклеотидов использовали эталонные растворы, для определения их количества рассчитывали площади выделенных фракций.

Анализ шапероноподобной активности проводили с помощью дитиотреитол (ДТТ)-индуцированной агрегации инсулина [23]. Для этого к фосфатному буферному раствору (1,5 мл) добавляли инсулин (150 мкл), секрет ПЧПЯЖ (125 мкл) и дитиотреитол (120 мкл), инкубировали 5 минут при температуре 42°C. Восстановление дисульфидных связей в инсулине дитиотреитолом приводило к высвобождению β цепей, проявляющих склонность к агрегации. Регистрацию агрегации проводили при длине волны 430 нм на спектроколориметре Spekol 210.

В ходе статистической обработки данных рассчитывали критерий Стьюдента, сравнивали его с критическим значением $t_{\text{крит.}}$ при выбранной вероятности статистической ошибки менее 5% (уровне доверительной вероятности $p=0,95$). Если $t_{\text{расч.}} > t_{\text{крит.}}$, считали, что связь между переменными статистически значима.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведенного исследования у практически здоровых обследуемых было установлено, что до спортивной нагрузки адаптационный потенциал соответствует хорошему и удовлетворительному уровню у 36% лиц, а более чем у половины обследуемых наблюдается его напряжение. У тех же лиц после физической активности уровень адаптационного потенциала снижается на 50%, а у 45% обследуемых становится неудовлетворительным (рис. 1).

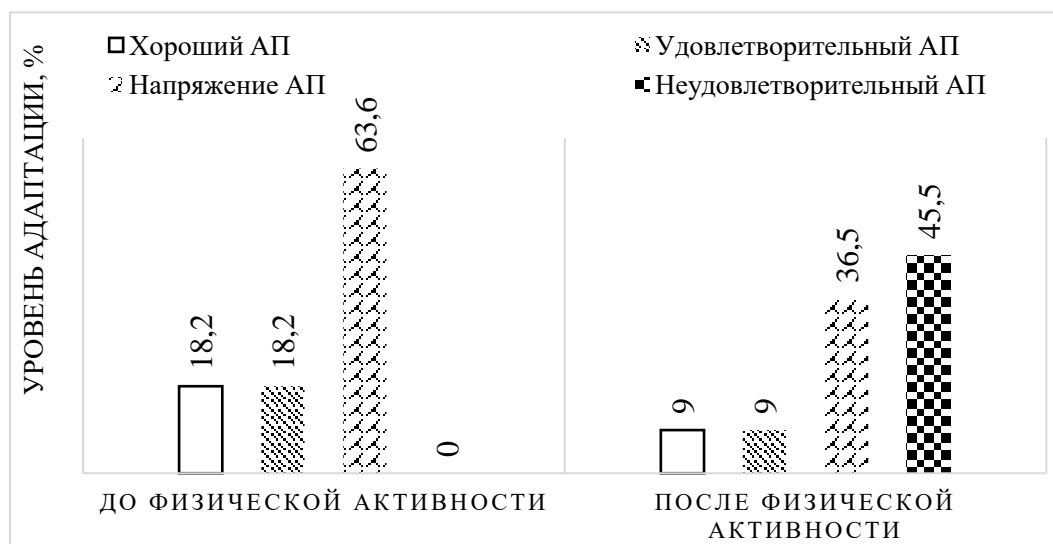


Рисунок 1. Распределение практически здоровых лиц по уровню адаптации (%)

Выявленные изменения свидетельствуют об истощении адаптационного резерва организма в ходе 1,5 часовой физической нагрузки. Большое значение при этом, помимо пола и возраста, имеет выносливость организма. Регулярные физические нагрузки вызывают сдвиги гомеостаза, которые могут быть устранены за счет формирования большей мышечной массы, мощной и разветвленной системы кровообращения, дыхания, совершенствования системы регуляции мышечной деятельности в результате образования системного структурного следа адаптации. Особое значение в процессе физической нагрузки имеет биохимическая адаптация, при которой наблюдается существенное изменение количества и активности ряда ферментных систем [24].

Хроматографический анализ секретов ПЧПЯЖ выявил наличие аденозина (А), аденозинмонофосфата (АМФ), аденозиндифосфата (АДФ), аденозинтрифосфата (АТФ), гуанозиндифосфата (ГДФ), гуанозинтрифосфата (ГТФ) (таблица 1). Наибольшую площадь имеет фракция, соответствующая ГДФ, наименьшую – ГТФ. Под влиянием физической нагрузки значительно увеличивается уровень аденозина и АТФ ($p < 0,05$).

Таблица 1. Количественный и качественный состав кислоторастворимых нуклеотидов в секретах ПЧПЯЖ

Фракции	Площадь (%)	
	до физической нагрузки	после физической нагрузки
Аденозин	1,56±0,45	3,36±0,43*
АМФ	26,99±3,29	22,85±3,04
АДФ	3,86±0,95	2,94±0,87
ГДФ	65,39±3,96	62,69±3,03
АТФ	2,13 ±1,36	7,53± 1,17*
ГТФ	0,15±0,03	0,61±0,32

Примечание: * - достоверные различия между пробами, $t_{\text{расч.}} > t_{\text{крит.}}$, $p < 0,05$.

Содержание высоко- и низкоэнергетических компонентов адениновой и гуаниновой систем, отражающих регуляторные процессы метаболизма клетки, значительно возрастают под воздействием физической нагрузки. Соотношение фракций АТФ/АДФ увеличивается в 4,7 раза, АТФ/АМФ в 4,1 раза, ГТФ/ГДФ в 4,5 раза.

Адениловые нуклеотиды АТФ, АДФ, АМФ участвуют в регуляции различных путей обмена веществ. АТФ принимает участие в проведении нервных импульсов, мышечных сокращениях и процессах активного транспорта. Аденозин тормозит симпатическую нейротрансдукцию, обладает антиадренергическим действием, что сопровождается нормализацией гемодинамики [25]. Количество нуклеотидов в различных органах и тканях варьирует и зависит от индивидуальных особенностей, рецепторной структуры и функциональной активности отдельных клеток и тканей, стадии жизненного цикла и т.д. Значительное увеличение уровня свободных нуклеотидов в слюне непосредственно связано с растущими энергетическими затратами организма на фоне физической активности.

Соотношение АТФ/АДФ влияет на скорость реакций катаболизма. Так, при увеличении потребления АТФ и снижении его содержания, в организме активизируется процесс гликолиза для частичной компенсации недостатка АТФ.

Реакция диэтилтриэтолиндуцированной агрегации инсулина в секретах ПЧПЯЖ до и после физической активности наиболее активно протекает в промежутке между 4-6 минутами (рис. 2).

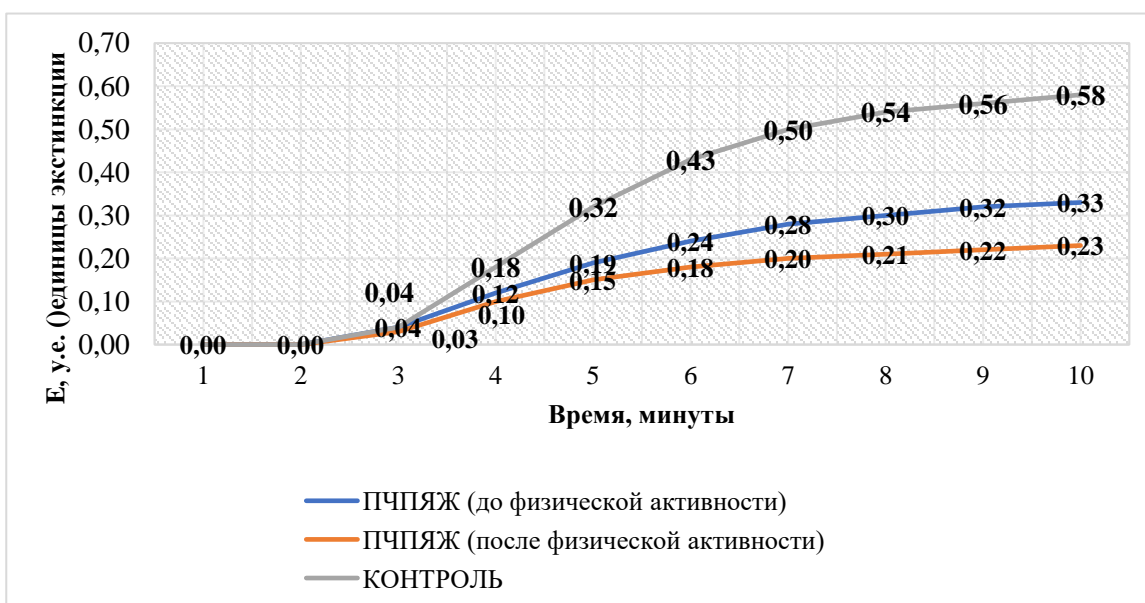


Рисунок 2. Уровень шапероноподобной активности в секретах больших слюнных желез у практически здоровых людей в обычных условиях и после физической нагрузки

Уровень шапероноподобной активности в секретах ПЧПЯЖ до физической нагрузки составил $54,66 \pm 6\%$, после – $41,02 \pm 6\%$. Выявленная особенность отражает обратную зависимость между количеством шапероноподобных белков в секретах слюнных желез и реакцией агрегации β -цепей инсулина. Агрегированные белки не могут выполнять свою функцию, поэтому они восстанавливаются при помощи шаперонов, либо уничтожаются. Известно, что шапероны и шаперонины являются стресс-белками. Они активно выделяются в ответ на действие стрессовых факторов, Развивающиеся при этом изменения внутриклеточной среды могут вызывать повреждение генетического материала, белков, биомембран, в ответ на которое в клетке начинается активная экспрессия стресс-генов, что приводит к росту содержания стресс-белков. Есть и другие способы увеличения концентрации шаперонов, среди которых регуляция интенсивности трансляции, высвобождение активных шаперонов из внутриклеточных конъюгатов [26]. Физическая нагрузка вызывает окислительный стресс, способствует экспрессии и увеличению активности шапероноподобных белков. Согласно литературным данным, во время физической активности в лейкоцитах и в сыворотке крови увеличивается концентрация HSP70 (ведущего белка, выполняющего функцию молекулярных шаперонов и участвующего в утилизации необратимо повреждённых белков, или фолдинге) [27, 28]. Предполагают, что белок HSP70 выделяется в кровь не только из лейкоцитов, но и из других клеток. При этом гибели клеток не происходит, так как уровень креатининфосфата, АЛТ и АСТ в крови не изменяется. Следовательно, большая концентрация HSP70 в крови является результатом адаптации к стрессу [29, 30]. Учитывая многочисленные работы, в которых показана корреляционная взаимосвязь количественного состава крови и секретов слюнных желез, это объясняет выявленный рост шапероноподобной активности в ответ на физическую нагрузку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уровень адаптационного потенциала, количественный и качественный состав кислоторастворимых нуклеотидов и уровень шапероноподобной активности в секретах ПЧПЯЖ можно использовать как критерии оценки функционального состояния у лиц, занимающихся регулярными физическими упражнениями.

Увеличение уровня компонентов адениновой и гуаниновой систем, уровня шапероноподобной активности в секретах ПЧПЯЖ связано с адаптацией энергетического и пластического обмена к физической нагрузке.

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

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Маврина Л.Н., Тимерьянова Л.Н. Гиподинамия населения и пути ее преодоления. Санитарный врач. 2020; 5: 55-62. <https://doi.org/10.33920/med-08-2005-06>.
Mavrina L.N., Timer`yanova L.N. Hypodynamia of the population and ways to overcome it. Sanitary doctor. 2020; 5: 55-62. <https://doi.org/10.33920/med-08-2005-06> (in Russ.).
2. Рубизова А.А., Жданова Д.Р., Джейранова М.О. Гиподинамия - болезнь цивилизации. Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2017; 7(6): 1031
Rubizova A.A., Zhdanova D. R., Dzhejranova M.O. Hypodynamia is a disease of civilization. Bulletin of Medical Internet Conferences. 2017; 7(6): 1031 (in Russ.).
3. Радковец А.И. Проблема гиподинамии студенческой молодежи. Современные проблемы формирования здорового образа жизни у студенческой молодежи. Материалы Международной научно-практической интернет-конференции. Минск; 2018; 234-237.
Radkovec A.I. The problem of hypodynamia of student youth. Modern problems of healthy lifestyle forming among students. Materials of the International Scientific and Practical Internet Conference. Minsk; 2018; 234-237 (in Russ.).
4. Шаланова К.И. Гиподинамия как фактор развития ожирения у школьников. Молодой ученый. 2021; 12(354): 71-73.
Shalanova K.I. Physical inactivity as a factor of obesity development in schoolchildren. A young scientist. 2021; 12(354): 71-73 (in Russ.).
5. Guthold R., Stevens G.A., Riley MSh.L.M., Bull F.C. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1,9 million participants. The lancet global health. 2018; 6(10): 1077-1086. [https://doi.org/10.1016/s2214-109x\(18\)30357-7](https://doi.org/10.1016/s2214-109x(18)30357-7).
6. Кардозу В.М., Фернадеш Д.М., Бакытжанова А.Е. Гиподинамия - болезнь цивилизации. Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2014; 4(5): 704.
Kardozu V.M., Fernandesh D.M., Baky`tzhanova A.E. Hypodynamia is a disease of civilization. Bulletin of Medical Internet Conferences. 2014; 4(5): 704 (in Russ.).
7. Владимирский В.Е., Владимирский Е.В., Лунина А.Н., Фесюн А.Д., Рачин А.П., Лебедева О.Д., Яковлев М.Ю. Значение физических нагрузок в реабилитации больных сердечно-сосудистыми заболеваниями. Вестник восстановительной медицины. 2021; 20(3): 16-25. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-3-16-25>.
Vladimirsky V.E., Vladimirsky E.V., Lunina A.N., Fesyun A.D., Rachin A.P., Lebedeva O.D., Yakovlev M.Yu. The Importance of Physical Activity in the Rehabilitation of Patients with Cardiovascular Diseases. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2021; 20(3): 16-25. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-3-16-25> (in Russ.).
8. Королев Д.С., Пустовалов Д.А., Каражелясков О.П., Архангельская А.Н., Заборова В.А., Гуревич К.Г. Исследование индекса массы тела у физически активных молодых людей. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2021; 20(1): 31-36. <https://doi.org/10.17816/1681-3456-2021-20-1-31-36>.
Korolev D.S., Pustovalov D.A., Karazhelyaskov O.P., Arkhangelskaya A.N., Zaborova V.A., Gurevich K.G. Study of body mass index in physically active young people Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation. 2021; 20(1): 31-36. <https://doi.org/10.17816/1681-3456-2021-20-1-31-36> (in Russ.).
9. Юдин В.Е., Чурсина Т.В., Клишко В.В., Сычев В.В., Косухин Е.С. Повышение эффективности медицинской реабилитации больных ишемической болезнью сердца при применении велотренировок по методике свободного выбора нагрузки. Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2021. 4: 43-51.
Udin V.E., Chursina T.V., Klimko V.V., Sychev V.V., Kosuhin E.S. Improving the effectiveness of medical rehabilitation of patients with coronary heart disease when using bicicletraning according to the method of free choice of load. Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2021. 4: 43-51 (in Russ.).
10. Филиппов М.М. Условия массопереноса кислорода в организме при максимальной физической нагрузке. Ульяновский медико-биологический журнал. 2012; 4: 120-124.
Filippov M.M. The conditions for oxygen movement change at maximum exercise. Ulyanovsk Medical and Biological Journal. 2012; 4: 120-124 (in Russ.).
11. Мельникова Н.В., Егорычева Е.В., Чернышова И.В., Шлемова М.В. Влияние физических тренировок на кровь и на кровеносную систему. Международный студенческий научный вестник. 2015; 5: 454-455.
Mel`nikova N.V., Egor`ycheva E.V., Cherny`shyova I.V., Shlemova M.V. The effect of physical training on the blood and on the circulatory system. International Student Scientific Bulletin. 2015; 5: 454-455 (in Russ.).
12. Опарина О.Н. Изменение показателей сердечно - сосудистой системы при адаптации к физическим нагрузкам. Современные научные исследования и инновации. 2015; 2(1) <https://web.snauka.ru/issues/2015/02/46545>.
Oparina O.N. The change of parameters of the cardiovascular system during adaptation to physical loads. Modern scientific research and innovation. 2015; 2(1). <https://web.snauka.ru/issues/2015/02/46545> (in Russ.).

13. Беляя Ж.Е., Смирнова О.М., Дедов И.И. Роль физических нагрузок в норме и при сахарном диабете. Проблемы Эндокринологии. 2005; 51(2): 28-37. <https://doi.org/10.14341/probl200551228-37>.
Belaya Zh.E., Smirnova O.M., Dedov I.I. The role of physical activity in the norm and in diabetes mellitus. Problems of Endocrinology. 2005; 51(2): 28-37. <https://doi.org/10.14341/probl200551228-37> (in Russ.).
14. Гребеннюк Е.С. Кошаперон белка теплового шока - маркер адаптации высококвалифицированных спортсменов к физической нагрузке. Автореф. дис. канд. биол. наук. М., 2010.
Grebennyuk E.S. Koshaperon heat shock protein is a marker of adaptation of highly qualified athletes to physical activity. Abstract for Candidate of Biological Sciences. M., 2010 (in Russ.).
15. Афанасьева И.А. Сдвиги в популяционном составе и функциональной активности лимфоцитов, продукции цитокинов и иммуноглобулинов у спортсменов при синдроме перетренированности. Вестник спортивной науки. 2011; 3: 18-23.
Afanas'eva I.A. Changes in the population composition and functional activity of lymphocytes, production of cytokines and immunoglobulins in athletes with overtraining syndrome. Bulletin of Sports Science. 2011; 3: 18-23 (in Russ.).
16. Диденко С.Н., Александянц Г.Д. Влияние стандартной физической нагрузки на некоторые показатели местного иммунитета и глюкокортикоидов, определяемые в слюне юных спортсменов. Теория и практика физической культуры. 2015; 4: 23.
Didenko S.N., Aleksanyanc G.D. The effect of standard physical activity on some indicators of local immunity and glucocorticoids determined in the saliva of young athletes. Theory and practice of physical culture. 2015; 4: 23 (in Russ.).
17. Cullen T., Thomas A.W., Webb R., Hughes M.G. The relationship between interleukin-6 in saliva, venous and capillary plasma, at rest and in response to exercise. Cytokine. 2015; 71(2): 397-400.
18. Goswami Y., Mishra R., Agrawal A.P., Agrawal L.A. Salivary Biomarkers-A Review of Powerful Diagnostic tool. IOSR Journal of Dental and Medical Sciences. 2015; 14(3): 80-87.
19. Bandhakavi S., Stone M.D., Onsongo G., Van Riper S.K., Griffin T.J. A dynamic range compression and three-dimensional peptide fractionation analysis platform expands proteome coverage and the diagnostic potential of whole saliva. J. Proteome Res. 2009; 8: 5590-5600.
20. Loo J.A., Yan W., Ramachandran P., Wong D.T. Comparative human salivary and plasma proteomes. J. Dent. Res. 2010; 89: 1016-1023.
21. Кочурова Е.В. Диагностические возможности слюны. Клиническая лабораторная диагностика. 2014; 1: 13-15.
Kochurova E.V. Diagnostic capabilities of saliva. Clinical laboratory diagnostics. 2014; 1: 13-15 (in Russ.).
22. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний. М.: Медицина; 1997. 236с.
Vaevskij R.M., Berseneva A.P. Assessment of the organism adaptive capabilities and the risk of diseases developing. M: Medicine; 1997. 236 p. (in Russ.).
23. Курганов Б.И. Оценка активности молекулярных шаперонов в тестсистемах, основанных на подавлении агрегации белков. Успехи биологической химии. 2002; 42: 89-138.
Kurganov B.I. Evaluation of the activity of molecular chaperones in test systems based on the suppression of protein aggregation. Advances in biological chemistry. 2002; 42: 89-138 (in Russ.).
24. Хочачка П., Сомеро Дж. Биохимическая адаптация. М.: Мир; 1988. 568 с.
Hochachka P., Somero Dzh. Biochemical adaptation. M.: Mir; 1988. 568 p. (in Russ.).
25. Козловский В.И., Зинчук В.В., Станкевич П.Б., Хлопичкий С. Роль аденозина в регуляции функций сердечно-сосудистой системы. Журнал ГрГМУ. 2015; 1(17): 49-53.
Kozlovskij V.I., Zinchuk V.V., Stankevich P.B., Xlopickij S. The role of adenosine in cardiovascular system functions regulation. Journal GrSMU. 2015; 1(17): 49-53 (in Russ.).
26. Драпкина О.М., Ашихмин Я.И., Ивашкин В.Т. Роль шаперонов в патогенезе сердечно-сосудистых заболеваний и кардиопротекции. Российские медицинские вести. 2008; 13(1): 56-69.
Drapkina O.M., Ashihmin Ya.I., Ivashkin V.T. The role of chaperones in the pathogenesis of cardiovascular diseases and cardioprotection. Russian medical news. 2008; 13(1): 56-69 (in Russ.).
27. Chang Y. W., Sun Y. J., Wang C., Hsiao C. D. Crystal structures of the 70 heat shock proteins in domain disjoining conformation. J. biol. Chem. 2008; 283: 15502-15511.
28. Hartl F. U. Molecular chaperones in cellular protein folding. Nature. 1996; 381(6583): 571-580.
29. Кузник Б.И., Линькова Н.С. Хавинсон В.Х. Белки теплового шока: возрастные изменения, развитие тромботических осложнений и пептидная регуляция генома. Успехи геронтол. 2011; 24(4): 539-552.
Kuznik B.I., Lin'kova N.S. Havinson V.H. Heat shock proteins: aging changes, development thrombotic diseases and peptide regulation of genes. Successes of gerontol. 2011; 24(4): 539-552 (in Russ.).
30. Сахаров Д.А., Степанов А.В., Шкуриков М.Ю., Тоневицкий А.Г. Кратковременный высокоинтенсивный физиологический стресс вызывает увеличение экспрессии белка теплового шока в лейкоцитах человека. Бюл. экспер. биол. 2009; 3: 335-336.
Saharov D.A., Stepanov A.V., Shkurikov M.Yu., Tonevickij A.G. Short-term high-intensity physiological stress causes an increase in the expression of heat shock protein in human leukocytes. Bulletin of exper. biol. 2009; 3: 335-336 (in Russ.).

PECULIARITIES OF ADAPTATION TO PHYSICAL ACTIVITY AMONG RESIDENTS OF URBANIZED TERRITORIES

Myachina O.V., Pashkov A.N., Parfenova N.V., Shchetinkina N.A., Obydennykh E.V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Burdenko Voronezh State Medical University", Ministry of Health of the Russian Federation, Voronezh, Russia

Abstract. Regular physical exercise is an important component of maintaining the health of large industrial centers residents. Urban infrastructure development, intellectual labor predominance over physical one lead to inactivity. Moderate physical activity triggers a complex of adaptive changes in the organism, allowing struggle with inactive lifestyle.

In this regard, the effect of physical activity on adaptive potential, chaperone-like activity level and acid-soluble nucleotides in submandibular and sublingual salivary glands secretions was studied.

Adaptive potential study before and after physical activity revealed its decrease by 1.33 times from the initial level. Under physical activity effect, adenosine and ATP level increases significantly ($p < 0.05$). The ratios of ATP/ADP, ATP/AMP, and GTP/GDF increase by 4.7, 4.1 and 4.5 times, respectively. Chaperone-like activity level before physical activity was $54.66 \pm 6\%$, after - $41.02 \pm 6\%$,

The studied indicators can be used as criteria for assessing people functional state under regular physical exercises.

Keywords: adaptation, physical activity, salivary glands, nucleotides, chaperone-like activity.

Introduction. Regular physical exercises is an important component of health maintaining. Urban infrastructure development, intellectual labor predominance over physical one lead to inactivity. Moderate physical activity is a necessary factor triggering a complex of adaptive changes in the organism, providing struggle with inactive lifestyle and disease prevention.

In this regard, physical activity effect on adaptive potential, chaperone-like activity and acid-soluble nucleotides in submandibular and sublingual salivary glands secretions was studied.

Materials and methods. A comprehensive survey of 20 practically healthy Voronezh residents, engaged in tennis 1-2 times a week for 1.5 hours, was conducted. Adaptive potential level was determined by P.M. Bayevsky's method. Nucleotide composition was analyzed by FPLS ® System liquid chromatography, chaperone-like activity - by dithiotreitol (DTT)-induced insulin aggregation.

Results. Adaptive potential study before and after physical activity revealed its decrease by 1.33 times from the initial level. Adenosine and ATP level increases significantly ($p < 0.05$) under physical activity effect. The ratios of ATP/ADP, ATP/AMP, and GTP/GDF increase by 4.7, 4.1 and 4.5 times, respectively. This reflects the inverse relationship of chaperone-like proteins amount in saliva and reaction of insulin chains aggregation. Chaperone-like activity level before physical exertion was $54.66 \pm 6\%$, after - $41.02 \pm 6\%$.

Conclusion. Adaptive potential level, quantitative and qualitative acid-soluble nucleotides composition and chaperone-like activity in saliva can be used as criteria for assessing the functional state of persons under regular physical activity.

An increase of these parameters in salivary glands secretions is associated with energy and plastic metabolism adaptation to physical exertion.

Сведения об авторах

Мячина Ольга Владимировна, д.м.н., доцент, заведующий кафедрой биологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, 394036, Россия, г. Воронеж, ул. Студенческая, 10; e-mail: vgm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6124-4469>

Пашков Александр Николаевич, д.б.н., профессор кафедры биологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, 394036, Россия, г. Воронеж, ул. Студенческая, 10; e-mail: vgm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2454-0397>

Парфенова Наталья Владимировна, к.б.н., доцент кафедры биологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, 394036, Россия, г. Воронеж, ул. Студенческая, 10; e-mail: assistant78.9@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1917-0256>

Щетинкина Наталья Анатольевна, к.б.н., доцент кафедры биологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, 394036, Россия, г. Воронеж, ул. Студенческая, 10; e-mail: vgm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8540-5327>

Обыденных Екатерина Викторовна, инженер кафедры биологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, 394036, Россия, г. Воронеж, ул. Студенческая, 10; e-mail: obidennyh.e@yandex.ru

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК. 615.8-616.3

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСКАНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА И
ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЧЕЛЮСТНЫЕ СТРУКТУРЫ У
ПАЦИЕНТОВ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ**

Чхеидзе Т.¹, Жилоков З.Г.¹, Куликова Н.Г.^{1,2*}, Ткаченко А.С.¹

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

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ. Актуальность исследования обусловлена высоким уровнем сахарного диабета (СД) 2-го типа и распространённостью у них стоматологических заболеваний в виде пародонто-периодонтита, что повышает гликемические риски в связи с коморбидностью.

Цель: повысить эффективность лечения пациентов СД 2-го типа со стоматологической патологией и снизить гликемические риски – провокаты воспалительных осложнений.

Материалы и методы: проведено изучение показателей микрогемокровотока в дентально-пародонтальных тканях до/после проведения интраканальной лазерной терапии и трансканального лекарственного электрофореза препарата гидроокиси меди-кальция (с отрицательного полюса), что позволило снизить потенциальные риски гликемических срывов и провести лечение без повышения нагрузки сахароснижающих препаратов.

Результаты: исследование позволяет оценить перспективы и эффективность малонагрузочного в фармакологическом отношении физиотерапевтического лечения у пациентов СД 2-го типа с пародонто-периодонтитом после применения у них интраканального лазерного излучения длиной волны 810 нм в комплексе с трансканальным гальванофорезом гидроокиси меди-кальция (активный катод) по методике депо-фореза.

Выводы: применение НИЛИ и депо-фореза с активным катодом обеспечивает более высокие противовоспалительные и обезболивающие результаты, по отношению к НИЛИ и апекс-форезу гидроокиси меди-кальция (активный – анод), что, по нашему мнению, основано на повышении активности физико-химических реакций метаболической направленности в условиях щелочной среды ротовой полости.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лазерная терапия, пародонтальная патология, сахарный диабет, микрокровооток в пародонтальных тканях, трансканальный электрофорез, депо-форез.

ВВЕДЕНИЕ.

На протяжении последних десятилетий во всём мире отмечается устойчивая тенденция роста заболеваемости сахарным диабетом (СД) [3,4,13]. В странах Западной Европы больные СД составляют от 3 до 9%

* Адрес для переписки:

Куликова Наталья Геннадьевна, E-mail: kulikovang777@mail.ru

Цитирование: Чхеидзе Т., Жилоков З.Г., Куликова Н.Г., Ткаченко А.С. эффективность трансканального электрофореза и лазерного излучения на челюстные структуры у пациентов сахарным диабетом *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023. 2: 36-41.

Citation: Chkheidze T.I, Zhilokov Z.G., Kulikova N.G., Tkachenko A.S. Efficacy of transcanal electrophoresis and laser radiation on jaw structures in patients with saartic diabetes. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023. 2: 36-41.

населения [12, 13]. По прогнозам экспертов, к 2025 году число больных СД может составить 250 миллионов человек [6-8]. Медицинские осложнения, ассоциируемые с диабетом, включают: хроническую почечную недостаточность, ретинопатию, катаракту, синдром «диабетической стопы», полинейропатию, артериальную гипертензию и стоматологические заболевания и, связанные с ними, осложнения, довольно часто приводящие к адентии [2,4,8-9]. По данным международных исследований, распространённость полной адентии у больных СД в 15 раз выше, чем среди здорового населения.

Давно отмечена взаимосвязь между сахарным диабетом и пародонто-периодонтитом [9-10]. Так при обследовании аризонских индейцев племени Пима (3219 человек), среди которых 45% населения страдали сахарным диабетом 2-го типа, у всех 100% выявили различные стоматологические заболевания. При этом во всех исследуемых возрастных группах респондентов диагностировали более высокую распространённость периодонтита (в 3 раза), чем при его отсутствии. Следует отметить, что для больных СД характерна более высокая распространённость инфекционных поражений тканей периодонта, тяжёлое течение с образованием глубоких пародонтальных карманов, прогрессирование подвижности зубов с периодонтальными абсцессами [11-12]. Эти и другие исследования подтверждают, что СД существенно повышает риски развития пародонтита, потенцируя тяжёлую деструкцию периодонта [14].

Распространённость и тяжесть стоматологических осложнений у пациентов СД 2-го типа крайне высока, что определяет актуальность и научно-практическую значимость исследования.

По данным литературных источников, у пациентов с пародонто-периодонтитом без СД ранее применяли трансканальный электрофорез, позволяющий ввести лекарственное вещество непосредственно в патологический очаг и создать «депо» фармакологически активного препарата в периапикальных тканях, что в сочетании с гидролитическими свойствами постоянного тока оказывает влияние на хронические очаги инфекции. Для лекарственного электрофореза ранее предлагали использовать препараты йодида калия (раствор 10%), который оказывает противовоспалительное действие и повышает способность костных тканей к регенерации. Другие авторы отмечают высокие клинические результаты под влиянием электрофореза протеолитических ферментов (трипсин, химотрипсин, лизоцим), которые подавляют жизнедеятельность микробной флоры, обеспечивают гидролиз продуктов распада белков и разжижение гнойного содержимого корневых каналов с быстрой ликвидацией экссудата. Единичные исследования отмечают аналогичные клинические эффекты от введения 25–50% диметилсульфоксида (димексид, ДМСО) [9] и пасты, содержащей гидроокись меди-кальция, введённых в канал зуба на 2/3 его длины с последующим пломбированием через 10 дней [10]. С целью пролонгированного антимикробного воздействия рекомендовали проводить воздействие лекарственным комплексом, включающим препарат гидроокиси кальция «Фосфадент-био» (ЗАО «ОЭЗ ВладМиВа»), офлоксацин и нистатин, смешанных в равных количествах в жидкостной среде препарата «Фосфадент-био» [12]. Предложенные препараты в канале зуба оставляли на 5 дней с последующим пломбированием методом латеральной конденсации гуттаперчи. При этом перед введением лекарственного вещества эндодонтально и перед окончательным пломбированием, корневые каналы предлагали обрабатывать ультразвуковым низкоинтенсивным фактором с 3% раствором гипохлорита натрия и с использованием эндогерметики с положительного анода (АН+) [1,13]. Следует отметить, что клинические результаты и показатели эффективности у пациентов с СД с пародонто-периодонтитом при использовании предложенных методов физиотерапии не изучены, что отражает актуальность проблемы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ

В ходе исследования пациенты условно разделены на 4 группы в зависимости от применяемого метода физиотерапии: первые две (Сравнение I и II), в которых пациенты получили ЛТ и трансканальный электрофорез лекарственного препарата гидроокиси меди-кальция (с отрицательного полюса) эндодонтально и третья группа (Основная I), в которой пациенты получили комплексную методику, включающую интраканально методики ЛТ [2,12] и трансканально электрофорез лекарственного препарата гидроокиси меди-кальция (с отрицательного полюса) эндодонтально [1,5]; четвертая группа (Контроль), в которой пациенты получили стоматологическое лечение без применения методов физиотерапии.

В работе использовали лазерную систему: «Doctor Smile-D5» (длина волны 810 нм, мощность 5 Вт) для проведения интраканальной лазерной терапии и аппарат «Поток-1» для проведения лекарственного трансканального (эндодонтально) электрофореза с препаратом гидроокиси меди-кальция (с отрицательного полюса) [2,3]. Для оценки кислородно-метаболического и микрогемодинамического обеспечения дентально-пародонтальных тканей до и после применения методов физиотерапии использовали инновационный аппарат «ЛАЗМА» (Сколково, Россия). Статистический материал обработан с использованием критерия Вилкоксона и коэффициентов параметрических индикаторов по Стьюденту (t), что позволило выявить репрезентативные значения ($p < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ

У всех пациентов СД проведена оценка стоматологического статуса с определением индексов КПИ по Леусу, Пурсело (RI). Оценка стоматологического статуса основана на рентгенологическом контроле, в том числе по данным ортопантограммы, что позволило установить рабочую длину каналов поражённых зубов

с использованием маркеров длины и электрометрического метода на апекслокаторе «dentaportx RCM-EX» (Япония). Оценка клинической эффективности физиотерапии у пациентов СД 2-го типа с пародонто-периодонтитом представлена по данным гигиенического индекса Пурселло (RI) и индекса Леуса в отдалённом периоде наблюдения (Табл.1, 2).

Таблица 1. Эффективность лазерной терапии в отношении индекса Пурселло RI у пациентов СД с пародонто-периодонтитом через 6 месяцев (в баллах)

Группы	До ЛТ	После ЛТ	Через 6 месяцев	Норма
Сравнение I (L=810 нм (n=30))	1,304±0,03 **P3	1,269±0,03*p1*** P4	1,273±0,03** P2	0,681± 0,02
Сравнение 2- Электрофорез (n=30)	1,339±0,03 ***P3	1,073±0,02 **p1***P4	0,914±0,03 **p2	
Основная НИЛИ 810нм+Электрофорез (n=31)	1,340±0,03 ***P3	0,809±0,02**p1*P4	0,709±0,03***P2	
Контроль (n=30)	1,287±0,03	1,189±0,03	1,179±0,03	

Примечание: значимость различий по критерию Вилкоксона * p1 - до ЛТ и после ЛТ; **p2 - до ЛТ и к 6-му месяцу ЛТ; p3 - до ЛТ и к норме; p4 – значимость по одновыборочному t-критерию Стьюдента равенства межгруппового среднего до ЛТ к норме (*-p <0,05; **-p <0,01, ***-p <0,001)

В ходе исследования получены достоверные различия по индексу Пурселло у всех пациентов СД, прежде всего, после интраканальной лазерной терапии и трансканального лекарственного электрофореза (по Вилкоксону).

В контрольной группе изменений не наблюдали. По показателям гигиенического индекса КПИ (по Леусу) установлены статистически значимые результаты, которые отражают наиболее высокий результат к 6-му месяцу у пациентов, которые получили интраканальный метод лазерной терапии и трансканальный лекарственный электрофорез, что представлено в табличном материале (табл. 2).

Таблица 2. Эффективность физиотерапии в отношении индекса КПИ (по Леусу) у пациентов СД с пародонто-периодонтитом через 6 месяцев (в баллах) после применения моновоздействий и НИЛИ в комбинации с трансканальным электрофорезом меди-кальция

Группы	До лечения	После лечения	Через 6 месяцев после лечения	Норма
Сравнение I НИЛИ - 810 нм (n=30)	4,2±0,5	2,6±0,28 p1	1,4±0,22 p2 p3	1,5-2,5
Сравнение II Электрофорез трансканальный (n=30)	4,3±0,3	2,3±0,22 p1	1,2±0,2 p2 p3	
Основная - 810нм и электрофорез трансканальный (n=31)	4,18±0,4	1,3±0,21 p1	1,52±0,16 p2 p3	
Контроль (n=30)	4,25±0,07	4,22±0,03	4,15±0,04	

Примечание: значимость различий по критерию Вилкоксона p1 – до и после лечения; p2 – после лечения и через 6 месяцев; p3 – значимость по одновыборочному t-критерию Стьюдента равенства межгруппового среднего к норме (*-p <0,05; **-p <0,01, ***-p 0,001).

Установлено, что у 85% пациентов с СД, получивших комплексную физиотерапию, наиболее статистически значимая коррекция гигиенического индекса КПИ (по Леусу) была установлена после интраканального НИЛИ и трансканального лекарственного электрофореза, что более высоко значимо в отдалённом периоде наблюдения, способствуя тому, что индекс КПИ после комплексной терапии стал близок к физиологической норме (1,52±0,16 баллов). После лекарственной терапии у пациентов контрольной группы индекс КПИ корректировался не достоверно.

Высокая клиническая эффективность комплексной интраканальной НИЛИ и трансканального лекарственного электрофореза доказана показателями микрокровотока по данным аппарата «ЛАЗМА». Высокая статистически значимая эффективность установлена в отношении показателей ALF/CKOx100%, прежде

всего, после комплексной физиотерапии: после интраканального НИЛИ – от $90,6 \pm 0,013$ до $93,6 \pm 0,02\%$ ($p < 0,01$), после трансканального электрофореза с препаратом гидроокиси меди-кальция (с отрицательного полюса) и интраканального НИЛИ и трансканального электрофореза – от $90,3 \pm 0,011$ до $102,3 \pm 0,012\%$ ($p < 0,001$), тогда, как после трансканального электрофореза недостоверно: от $90,4 \pm 0,01$ до $91,1 \pm 0,011\%$ ($p > 0,05$). Следует отметить, что у всех пациентов СД, получивших физиотерапевтическое лечение, не было выявлено повышения гликемических сдвигов, что подтверждает высокую эффективность физиотерапевтического лечения у пациентов СД 2-го типа с пародонто-пародонтом.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты статистического анализа позволяют судить о том, что при проведении немедикаментозного лечения стоматологической патологии у пациентов с СД 2-го типа, важно проводить исходную оценку стоматологического статуса и кислородно-метаболического обеспечения дентально-пародонтальных тканей. Получены новые научные данные об изменениях наиболее информативных стоматологических индексов (КПИ по Леусу, Пурсело), демонстрирующих кислородно-метаболическую и гигиеническую стабилизацию в дентально-пародонтальных тканях – мишеней прогрессирования гликемических сдвигов. Применение комплексной физиотерапии, включающей воздействие интраканальным лазерным излучением и трансканального электрофореза лекарственного препарата гидроокиси меди-кальция (с отрицательного полюса) эндодонгально, позволяет значимо повысить эффективность стоматологического лечения у пациентов СД 2-го типа без повышения дозы сахароснижающих лекарственных препаратов и снизить гликемические риски.

ВЫВОДЫ

Доказана высокая клиническая эффективность комплексной интраканальной НИЛИ и трансканального лекарственного электрофореза в отношении показателей микрокровотока, протектирующая, восстановлению физиологического отношения между показателями ALF/CKOx100%, у пациентов СД 2-го типа, что снижает гликемические риски и повышает эффективность стоматологического лечения.

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Бобровницкий И.П., Фесюн А.Д., Яковлев М.Ю., Туманова-Пономарева Н.Ф. Исторические, концептуальные и прикладные аспекты развития восстановительной медицины как научной основы здоровьесбережения населения Российской Федерации. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022; 3: 2-21.
Bobrovnikitskiy I.P., Fesyun A.D., Yakovlev M.Yu., Tumanova-Ponomareva N.F. Historical, conceptual and practical aspects of the development of rehabilitation medicine as a scientific basis for health saving the population of the Russian Federation. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 3: 2-21.
2. Vadalà M., Morales-Medina J.C., Vallelunga A., Palmieri B., Laurino C., Iannitti T. Mechanisms and therapeutic effectiveness of pulsed electromagnetic field therapy in oncology. *Cancer Med*. 2016; 5(11): 3128-3139. <https://doi.org/10.1002/cam4.861>.
3. Kanat E., Alp A., Yurtkuran M. Magnetotherapy in hand osteoarthritis: a pilot trial. *Complement Ther Med*. 2013; 21(6): 603-8. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2013.08.004>.
4. Ступаков Г.П., Щербинина Н.В. Теоретические основы и эффективность применения нового принципа лечения артериальной гипертензии. Артериальная гипертензия: от научных исследований к клинической практике. Сб. материалов Межрегион. конф. Нижний Новгород. 2011. с. 6-7.
Stupakov G.P., Shcherbinina N.V. Theoretical foundations and effectiveness of the new principle of treatment of hypertension. Arterial hypertension: from scientific research to clinical practice. Proceedings of the Interregional Conference. Nizhny Novgorod: 2011. 6-7 pp. (In Russ.).
5. Бинги В.Н. Магнитобиология: эксперименты и модели. М. «МИЛТА». 2002. 592 с.
Bingi V.N. Magnetobiology: experiments and models. M. "MILTA". 2002. 592 p. (In Russ.).
6. Онищенко Г.Г., Ступаков Г.П. Методологические построения высокоэффективных магнитотерапевтических систем нового поколения. *Валеология*. 2002; 3: 54-60.
Onishchenko G.G., Stupakov G.P. Methodological constructions of highly effective magnetotherapeutic systems of a new generation. *Valeology*. 2002; 3: 54-60 (In Russ.).
7. Методические рекомендации по использованию системы комплексной многопараметрической магнитотерапии с биоадекватной обратной связью на основе методов хронобиологии «Мультимаг». Под ред. Г.П. Ступакова. М.: Горизонт. 2002. 44с.
Methodological recommendations on the use of a system of complex multiparametric magnetotherapy with bioadjective feedback based on the methods of chronobiology "Multimag". Ed. by G.P. Stupakov. M.: Horizon. 2002. 44 p. (In Russ.).

8. Жулев В.И., Кряков В.Г., Прошин Е.М., Гуржин С.Г., Григорьев Е.М., Ступаков Г.П., Щербинина Н.В. Технология хрономагнитотерапии – новое направление в создании высокоэффективных средств магнитотерапии. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2016; 2(2): 67-68.
Zhulev V.I., Kryakov V.G., Proshin E.M., Gurzhin S.G., Grigoriev E.M., Stupakov G.P., Shcherbinina N.V. Chronomagnitotherapy technology is a new direction in the creation of highly effective means of magnetotherapy. Questions of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture. M.: Media Sphere. 2016; 2(2): 67-68 (In Russ.).
9. Гуржин С.Г., Жулев В.И., Никитин С.В. Датчики на основе новых магниторезистивных эффектов. Датчики и системы. 2008; 9: 54–63.
Gurzhin S.G., Zhulev V.I., Nikitin S.V. Sensors based on new magnetoresistive effects. Sensors and systems. 2008; 9: 54–63 (In Russ.).
10. Пономаренко Г.Н. Сложномодулированная низкочастотная магнитотерапия с применением аппаратно-программного комплекса «Мультимаг»: Методические рекомендации. СПб.: 2014. 28 с.
Ponomarenko G.N. Complex modulated low-frequency magnetotherapy using the hardware and software complex "Multimag": Methodological recommendations. St. Petersburg: 2014. 28 p. (In Russ.).
11. Комплексная хрономагнитотерапия: методы и средства биоадаптации воздействия. Монография / под ред. С.Г. Гуржина и Е.М. Прошина. – М.: Радиотехника, 2015. 212 с.
Complex chronomagnitotherapy: methods and means of bioadaptation effects. Monograph / ed. by S.G. Gurzhin and E.M. Proshin. Moscow: Radiotekhnika, 2015. 212 p. (In Russ.).
12. Онищенко Г.Г., Ступаков Г.П., Разумов А.Н. Первый опыт коррекции экологически обусловленных изменений здоровья с использованием общего магнитотерапевтического воздействия и патогномоничной модуляции магнитного поля. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. 2004; 3: 3-7.
Onishchenko G.G., Stupakov G.P., Razumov A.N. The first experience of correction of environmentally caused health changes using general magnetotherapeutic effects and pathognomonic modulation of the magnetic field. Questions of balneology, physiotherapy and physical therapy. 2004; 3: 3-7. (In Russ.).
13. Симоненко В.Б., Ступаков Г.П., Щербинина Н.В., Пономаренко Г.Н. Лечебно-профилактическое применение хрономагнитотерапевтического комплекса «Мультимаг». Медицинская технология. М.: 2012. 18 с.
Simonenko V.B., Stupakov G.P., Shcherbinina N.V., Ponomarenko G.N. Therapeutic and prophylactic use of the chronomagnitotherapy complex "Multimag". Medical technology. M.: 2012. 18 p. (In Russ.).
14. Великов В.А. Руководство по практическому применению метода Р.Фолля и электропунктурной диагностики и гомеотерапии. Изд. «Экономика и информатика», 2-е дополненное, Том 1. Москва. 2005. 499 с.
Velikov V.A. Guide to the practical application of the R. Folle method and electropuncture diagnostics and homeotherapy. Ed. "Economics and Informatics", 2nd edition, Vol. 1. Moscow. 2005. 499 p. (In Russ.).
15. Мухамбетова Л.Х. Разработка биохимических подходов к оценке влияния на организм химического загрязнения окружающей среды. Итоги и перспективы исследований по проблеме экологии человека и гигиены окружающей среды. Сборник материалов научно-практической конференции «Окружающая среда и здоровье населения», 03.10.2002. С.171-179.
Mukhambetova L.H. Development of biochemical approaches to assessing the effect of chemical pollution on the body of the environment. Results and prospects of research on the problem of human ecology and environmental hygiene. Collection of materials of the scientific and practical conference "Environment and public health", 03.10.2002. pp.171-179. (In Russ.).
16. Тирас Х.П., Петрова О.Н., Мьякишева С.Н., Асланиди К.Б. Биологические эффекты слабых магнитных полей: сравнительный анализ. Фундаментальные исследования. 2014; 12-7: 1442-1451.
Tiras H.P., Petrova O.N., Myakisheva S.N., Aslanidi K.B. Biological effects of weak magnetic fields: comparative analysis. Fundamental research. 2014; 12-7: 1442-1451. (In Russ.).
17. Ступаков Г.П., Беркутов А.М., Щербинина Н.В. Биомедицинские основы хрономагнитотерапии. Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2004; 7: 4-11.
Stupakov G.P., Berkutov A.M., Shcherbinina N.V. Biomedical fundamentals of chronomagnitotherapy. Biomedical technologies and radio electronics. 2004; 7: 4-11 (In Russ.).
18. Пономаренко Г.Н., Турковский И.И. Биофизические основы физиотерапии. Изд. ЯПК. Ярославль. 2006. 171 с.
Ponomarenko G.N., Turkovsky I.I. Biophysical foundations of physiotherapy. Ed. YAPK. Yaroslavl. 2006. 171 p. (In Russ.).
19. Частная физиотерапия: учеб. пособие / ред. Г. Н. Пономаренко. М.: Медицина, 2005. 744 с.
Particular physiotherapy: textbook / ed. by G. N. Ponomarenko. M.: Medicine, 2005. 744 p. (In Russ.).
20. Ступаков Г.П. Концепция здоровья человека. М.: ГИНФО, 1999. 48с.
Stupakov G.P. The concept of human health. M.: GINFO, 1999. 48s. (In Russ.).
21. Ступаков Г.П., Беркутов А.М., Щербинина Н.В., Быстрых Д.Л. Фундаментальные основы лечения магнитными полями сложной конфигурации. Вестник восстановительной медицины. 2014; 2: 52-56.
Stupakov G.P., Berkutov A.M., Shcherbinina N.V., Bystykh D.L. Fundamental principles of treatment with magnetic fields of complex configuration. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2014; 2: 52-56. (In Russ.).
22. Пономаренко Г.Н. Физические методы лечения: Справочник. СПб.: «ИИЦ ВМА», 2006. 336 с.
Ponomarenko G.N. Physical methods of treatment: Handbook. St. Petersburg: "IIC VMA", 2006. 336 p. (In Russ.).

23. Ступаков Г.П., Щербинина Н.В., Половинка В.С. Эффективность магнитотерапевтического комплекса «Мультимаг» при лечении некоторых хронических заболеваний. Клиническая медицина. 2010; 6: 52-54.
Stupakov G.P., Shcherbinina N.V., Polovinka V.S. The effectiveness of the magnetotherapy complex "Multimag" in the treatment of certain chronic diseases. Clinical medicine. 2010; 6: 52-54. (In Russ.).
24. Казначеев В.П., Михайлова Л.П. Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей. Новосибирск: Наука, 1985. 196 с.
Kaznacheev V.P., Mikhailova L.P. Bioinformatic function of natural electromagnetic fields. Novosibirsk: Nauka, 1985. 196 p. (In Russ.)

EFFICACY OF TRANSCANAL ELECTROPHORESIS AND LASER RADIATION ON JAW STRUCTURES IN PATIENTS WITH SAARTIC DIABETES

Chkheidze T.¹, Zhilokov Z.G.¹, Kulikova N.G.^{1,2}, Tkachenko A.S.¹

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

² Federal State Autonomous Educational Institution higher education «Peoples' Friendship University of Russia», Moscow, Russia

ABSTRACT. The article presents the materials of the study and treatment of patients with diabetes mellitus (DM) type 2, in which periodontitis and periodontitis were detected during a dental examination.

Objective. To increase the effectiveness of treatment of patients (DM) type 2 with dental pathology in order to reduce glycemic risks and inflammatory complications.

Materials and methods: during the study, the indicators of microhemocratic flow in the dental-periodontal tissues before / after laser therapy and transcanal drug electrophoresis of the copper-calcium hydroxide preparation (from the negative pole) were studied, which made it possible to reduce the potential risk of glycaemic breakdowns and to carry out treatment without increasing the dose of hypoglycemic drugs.

Results: the study allows us to assess the prospects and effectiveness of pharmacologically low-load physiotherapeutic treatment of patients with type 2 diabetes mellitus with periodontal periodontitis after the use of intracanal laser radiation with a wavelength of 810 nm in combination with transcanal galvanophoresis of copper-calcium hydroxide (active cathode)."

Conclusions: the correction of depot-phoresis with an active cathode provides higher anti-inflammatory and analgesic results in relation to the apex-phoresis of copper-calcium hydroxide (active - anode), which, in our opinion, is based on an increase in the activity of physicochemical reactions of metabolic orientation in the alkaline environment of the oral cavity.

Keywords: laser therapy, periodontal pathology, diabetes mellitus, microblewing in periodontal tissues, transcanal electrophoresis, depot-phorez.

Сведения об авторах

Чхеидзе Тинатин, зав. лабораторией кафедры физиотерапии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-1797-1324>

Жилоков Заур Гидович – сосискатель кафедры физиотерапии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» РУДН, г. Москва, главный врач клиники «ВИДЕОТИС» в Москве. E-mail: z-zhilokov@yandex.ru

Куликова Наталья Геннадьевна, академик РАМТН, д.м.н., профессор, главный научный сотрудник ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, заведующий кафедрой физиотерапии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов». E-mail: kulikova@rambler.ru, kulikovang777@mail.ru

Ткаченко А.С. - канд. мед. наук., доцент кафедры физиотерапии, Российский университет дружбы народов (РУДН), Москва, E-mail: rocstar-fo@to.ru

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК.614.78:616-084

ДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА КАЧЕСТВО СНА

Кабиева Ш.Ш.^{1*}, Мишина А.И.¹, Коробейникова А.В.¹, Бакоев С.Ю.¹, Титова А.Г.¹, Баёв А.В.¹,
Кескинов А.А.¹, Макаров В.В.¹, Юдин В.С.¹, Гетманцева Л.В.¹

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

РЕЗЮМЕ. Негативное воздействие окружающей среды на сон является давней проблемой как для взрослых, так и для детей. Однако, взаимосвязь между сном и факторами окружающей среды систематически не исследованы. Большинство исследований нацелены на изучение воздействия неблагоприятных факторов на дыхательную, нервную, сердечно-сосудистую системы и механику воспалительных процессов. При этом проблема влияния низкого качества сна на здоровье человека остается весьма недооцененной. С недавних пор стали появляться исследования, акцентирующие внимание на поиске взаимосвязи воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды на здоровье сна, в частности на общее качество сна и его продолжительность. Актуальными являются исследования воздействий загрязнений на развитие бессонницы; нарушений фазирования сна; природу дыхания во время сна. Тем не менее, существует необходимость проведения дальнейших исследований в этой области, для определения взаимосвязей и обнаружения зависимостей между различными факторами сна и их влиянием на здоровье человека. В данном обзоре рассмотрены и обобщены исследования таких негативных воздействий окружающей среды как: загрязнение воздуха, токсическое действие тяжелых металлов и воздействие света на качество сна. Понимание данных процессов может помочь сформулировать новые методы лечения, которые могли бы позволить свести к минимуму последствия неблагоприятных воздействий, и тем самым, улучшить как качество сна, так и общее состояние здоровья человека.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: загрязнение окружающей среды, здоровье сна, тяжелые металлы, шумовое загрязнение, загрязнение воздуха.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие технологического прогресса, активное использование токсичных продуктов в быту, промышленности, сельском хозяйстве и медицине неминуемо приводят к загрязнению окружающей среды экологическими токсинами [1, 2, 3]. Помимо этого, на состояние человека могут влиять шумовые и световые загрязнения, а также загрязнения воздуха [4]. Из-за непрямого физического воздействия шума и света на человека, данные факторы нечасто рассматривались в аспекте влияния на здоровый сон, однако, они также имеют высокий уровень значимости. Воздействие окружающей среды в значительной степени сказывается на качестве сна. Потенциал действия загрязнителей может отражаться на состоянии органов дыхания [5, 6, 7], вызывать

* Адрес для переписки:

Кабиева Шуанат Шамильевна, shkabieva@cspfmba.ru

Цитирование: Кабиева Ш.Ш., Мишина А.И., Коробейникова А.В., Бакоев С.Ю., Титова А.Г., Баёв А.В., Кескинов А.А., Макаров В.В., Юдин В.С., Гетманцева Л.В. Действие факторов окружающей среды на качество сна. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023. 2: 42-52.

Citation:

Kabieva1 Sh.Sh, Mishina A.I., Korobeinikova A.V., Bakoev S.Y., Titova A.GI, Bajov A.V., Keskinov A.A., Makarov V.V., Yudin V.S., Getmantzeva L.V. The effect of environmental factors on sleep quality. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023. 2: 42-52.

почечные заболевания [8, 9], нейродегенеративные расстройства [10, 11, 12, 13], оказывать влияние на сердечно-сосудистую систему [5, 7, 9], нарушать обмен веществ [7, 14] и, воздействуя на половые гормоны, сказываться на репродуктивной функции, снижая плодовитость и фертильность [15]. Влияние загрязняющих факторов окружающей среды большим образом оказывает нейротоксическое действие на организм, которое, в свою очередь, может вызывать такие заболевания, как синдром дефицита внимания и гиперактивности [16, 17], болезнь Паркинсона, болезнь Альцгеймера и болезнь Хантингтона [10].

Проблемы со сном относятся к основным вопросам здравоохранения, и с каждым годом находят все большее распространение среди населения. Сон является неотъемлемой частью жизни и здоровья человека. Во время сна в организме продолжают идти метаболические и иммунные процессы. Сон можно отнести к динамическому нейрофизиологическому процессу, который характеризуется циклами состояний небстрых и быстрых движений глаз [18]. Продолжительность сна, его эффективность, время отхода ко сну, длительность фаз сна, все эти характеристики могут влиять на его качество. Регуляция сна происходит на уровне неврологических цепей, нейротрансмиттеров и гормонов, которые способны стимулировать или подавлять сон и пробуждение [18]. Низкое качество сна может приводить к большому спектру заболеваний, например, расстройствам психического характера [19, 20, 21], диабету [22, 23] и сердечно-сосудистым заболеваниям [22, 24]. На данный момент существуют исследования, подтверждающие, что загрязнение окружающей среды может по-разному сказываться на здоровье, в зависимости от этнической принадлежности и социально-экономического статуса [25]. Так, люди с более низким социальным статусом в большей степени подвержены высокому воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды и, как следствие, в большей степени имеют проблемы со здоровьем сна [26, 27, 28].

При этом, точный механизм влияния низкого качества сна на появление перечисленных заболеваний остается неизученным. Учитывая активный рост распространения загрязнителей и то, каким образом эти загрязнения сказывается на здоровье сна, основная цель обзора состоит в том, чтобы охарактеризовать влияние загрязняющих факторов, описать механизм их действия на здоровье и качество сна, а также обобщить информацию, содержащуюся в современной литературе и выявить корреляцию между качеством сна и загрязняющими факторами.

1. Воздействие тяжелых металлов

В современных публикациях содержатся данные, указывающие на прямое влияние тяжелых металлов на качество сна. Так, недостаток металлов может вызывать ряд заболеваний или синдромов, переизбыток - приводит к ряду неблагоприятных последствий [29]. Ниже будут рассмотрены некоторые тяжелые металлы, действие которых может пагубным образом отражаться на здоровье сна.

1.1. Марганец (Mn)

Марганец входит в список наиболее распространенных элементов на земле и может существовать более, чем в пяти валентных состояниях. В промышленности марганец используется в виде сплавов с другими металлами, например, для производства аккумуляторов. Кроме того, металл может присутствовать в пестицидах и в антидетонационной присадке к бензину - Монометиланилин (ММА) [10]. Марганец часто используют в качестве удобрений, что приводит к его накоплению в почвах. Он может накапливаться в водах, поскольку вместе с талой водой и грунтовыми жидкостями попадает в открытые водоемы. Также к загрязнениям марганцем могут приводить поднятия глубинных вод в результате тектонических движений земной коры.

Марганец является важным микроэлементом необходимым для здоровья человека, он выступает в роли кофактора в большом числе биохимических превращений и необходим для нормального развития и работы клеток нервной и иммунной систем, также он принимает участие в регуляции уровня сахара и витаминов в крови [30, 31, 32]. Человек ежедневно употребляет марганец в составе пищи, однако, чрезмерное воздействие металла может быть токсичным для многих систем. Так, переизбыток Mn неблагоприятно сказывается на механизмах сна, и в последствии приводит к интоксикации организма [34]. Кроме того, при переизбытке марганца могут возникать нейрохимические, нейроповеденческие и нейроэндокринные изменения [34-39].

Было доказано, что восприимчивость человека к токсическому действию марганца зависит от индивидуальных факторов, таких как возраст, пол и этническая принадлежность [33]. Азиатское население, как правило, накапливает значительно больше Mn, чем не испаноязычные кавказцы или не испаноязычные чернокожие [40]. При этом, в ходе ранее проведенных исследований было обнаружено, что вне зависимости от

этнической принадлежности, уровень марганца в крови у женщин значительно выше, чем у мужчин. Обоснованием этого результата может служить разница в метаболических процессах мужчин и женщин. Исследование, проведенное среди населения Китая, показало, что уровень Mn в крови женщин примерно на 29 % выше, чем у мужчин [41]. Немаловажным фактом является то, что дети в наибольшей степени подвержены действию марганца, по сравнению с взрослыми, их организм способен накапливать большие дозы металла, что в результате может приводить к нарушениям работы нервной системы, ухудшению успеваемости и качества сна.

Стоит отметить, что состояние печени значительно влияет на накопление марганца в организме. Недавние исследования доказали, что люди с заболеваниями печени в большей степени склонны к накоплению марганца. Это связано с затруднением выведения марганца из организма, который как правило выводится с желчью и калом. У людей с хроническими заболеваниями печени наблюдались нарушения циркадных ритмов [42], что свидетельствует об участии избыточного содержания марганца в нарушениях сна.

Ранее проведенные исследования показали, что нейротоксичное действие марганца является необратимым, даже при удалении металла из места воздействия. Более того, симптоматика и признаки чрезмерного накопления металла в организме человека со временем прогрессируют [33].

При чрезмерном воздействии Mn имеет тенденцию накапливаться в базальных ганглиях и скорлупе головного мозга, такой процесс называется манганизмом. Переизбыток марганца приводит к проблемам опорно-двигательного аппарата, вызывает тремор. Внешняя симптоматика манганизма схожа с болезнью Паркинсона. Вместе с этим, чрезмерное количество марганца может вызывать депрессию, деменцию, потерю обоняния и различные нарушения сна, в том числе трудности с засыпанием и продолжительностью сна, расстройства поведения с быстрыми движениями глаз (БДГ) [10]. Известно, что токсическое действие марганца опосредовано дофаминовой системой. Есть предположение, что, воздействуя на цикл дофамина, марганец может пагубным образом сказываться на здоровье сна, это связано с существующей связью между выработкой дофамина и циклом сна-бодрствования, однако точные механизмы данного процесса остаются не установленными.

Хроническая интоксикация марганцем вызывает у крыс увеличение медленноволнового сна и уменьшение парадоксального сна за счет изменения продолжительности фаз [43].

1.2. Медь (Cu)

Медь, как и марганец является важным микроэлементом, участвует в биохимических реакциях в качестве кофактора (для ферментов, связанных с окислительным стрессом, включая каталазу, супероксиддисмутазу, пероксидазу, цитохром-с-оксидазу, ферроксидазу, моноаминоксидазу и дофамин-β-монооксигеназу) [44, 45, 46] и является антагонистом рецептора N-метил-D-аспартат-глутамата (NMDA) в центральной нервной системе, который опосредует настроение, познание, восприятие боли и сон [47]. Медь принимает участие в образовании гемоглобина, углеводном обмене, биосинтезе катехоламинов и сшивании коллагена, эластина и кератина волос. Одно из ключевых свойств меди, дающее ей возможность участвовать в окислительно-восстановительных реакциях – способность переходить из окисленного состояния Cu(II) в восстановленное Cu(I). Однако, у этого свойства есть обратная сторона, в процессе таких переходов могут образовываться супероксидные и гидроксильные радикалы, что делает медь потенциально токсичной. Еще одним фактором, который делает медь потенциально опасным металлом является то, что она обладает очень маленьким интервалом концентрации между полезным и токсическим эффектом.

Нарушение регуляции метаболизма меди вызывает болезнь Вильсона. При возникновении этого заболевания избыток меди начинает накапливаться в роговице глаз, базальных ганглиях, коре головного мозга и других органах. Основная область поражения при болезни Вильсона – нервная система. Болезнь вызывает тремор, психические расстройства, неврологическую дегенерацию и провоцирует заболевания печени. Как правило у пациентов, страдающих от болезни Вильсона наблюдается гиперсонливость в дневное время и чрезмерное ночное бодрствование [48-51].

Точный механизм действия повышенной концентрации меди на ухудшение качества сна неизвестен. Предполагается, что медь, взаимодействуя с везикулярной H(+)АТФазой, влияет на цикл дофамина [52], который ответственен за поддержание циркадных ритмов и сменяемость цикла сна и бодрствования [10]. В исследовании Jones и соавторов был обнаружен механизм окисления нейротрансмедиатора - взаимодействие несвязанной меди с серотином (5-гидрокситриптамин, 5-НТ). Эта реакция приводит к образованию промежуточных соединений, изменяя структуру серотонина и вызывая нейродегенеративные расстройства [53].

1.3. Цинк (Zn)

Цинк - незаменимый минерал, дефицит которого вызывает необратимые последствия. Металл не может вырабатываться в организме людей самостоятельно, но крайне важен для стабильной работы иммунитета, всех органов и секреции гормонов. [54] Zn принимает участие в углеводном и фосфатном обмене.

Основным источником загрязнения окружающей среды цинком является цветная металлургия и высокотемпературные технологические процессы. Чаще всего цинк выделяется в виде пыли, дыма или пара и способен накапливаться в почве. Цинк хорошо растворим в воде, поэтому широко содержится в водах природных водоемов.

Известно, что цинк ингибирует рецептор NMDA, который отвечает за регуляцию настроения и сна [55, 56, 47]. Также есть данные о том, что длительность сна может зависеть от соотношения между концентрациями цинка и меди как у мужчин, так и у женщин [57, 47]. Обнаружена корреляция между соотношением уровня меди и цинка, и циклом сна и бодрствования, но точный механизм взаимосвязи пока не изучен.

1.4. Свинец (Pb)

В отличие от предыдущих тяжелых металлов, свинец не является микроэлементом и не принимает участие в ферментативных реакциях. Даже небольшие дозы свинца могут оказывать острое токсическое действие на животных, растения и микроорганизмы. Свинец активно взаимодействует с биологическими системами, но при этом не играет биологической роли в жизнедеятельности организма [10]. Загрязнение окружающей среды металлом происходит за счет различных антропогенных источников, в результате чего Pb может накапливаться как в почве и атмосфере, так и в воде. Основная область применения свинца – производство свинцовых аккумуляторов. Токсическое действие Pb способно отражаться на здоровье почек, желудочно-кишечного тракта, нервной, репродуктивной и сердечно-сосудистой системах. Свинец может депонироваться в костях и, как следствие, оказывать пролонгированное токсическое действие. При этом свинецорганические соединения (триалкил-свинца и тетраалкил-свинца) считаются более токсичными, чем его неорганические формы.

Было экспериментально доказано, что воздействие доз свинца в значительной степени может снижать уровень содержания дофамина, а также продуктов дофамина – 3,4-дигидроксифенилуксусной кислоты и гомованилиновой кислоты, в сетчатке глаза, что может сказываться на биоритмах и качестве сна [58].

Есть основания утверждать, что повышенный уровень свинца снижает концентрацию кортизола, ответственного за утреннее пробуждение, что приводит к нарушениям в цикле сна и бодрствования [59, 60].

В одном из недавно проведенных исследований ученые пытались обнаружить влияние свинца на расстройства пищеварения и качество сна. Была обнаружена прямая зависимость расстройств пищеварения и сна от повышенного уровня свинца в крови [61].

1.5. Ртуть (Hg)

Также, как и свинец, ртуть не имеет биологической роли, но взаимодействует с биологическими системами окружающей среды. В природе ртуть встречается в земной коре, может образовываться в ходе вулканической деятельности. В окружающей среде Hg может давать свои производные, которые являются более токсичными. Например, метилртуть в воде может попадать в организмы рыб и моллюсков, которых люди в дальнейшем могут употреблять в пищу. Ртуть активно используется в промышленности и антропогенной деятельности, включая добычу золота. Кроме того, ртуть может распространяться аэрозольным путем. Такое широкое распространение металла в окружающей среде может приводить к тяжелым отравлениям.

Еще в 1754 году Джоаннес Антониус Скополи впервые смог описать симптомы отравления ртутью, к ним он отнес: тремор, затрудненное дыхание, возникновение уродств, проблемы с пищеварением и сном. Нарушение сна относится к наиболее яркому признаку отравления ртутью, чаще всего наблюдаются бессонница и синдром беспокойных ног [62].

При отравлении ртутью, металл накапливается в шишковидной железе, которая, в свою очередь, участвует в секреции мелатонина и серотонина [63, 64]. В результате нарушения секреции этих гормонов наблюдаются нарушения биоритмов и сна [65].

Ранее проведенные исследования позволили обнаружить, как ртуть влияет на синтез глутамата, накопление Hg приводит к увеличению концентрации внеклеточного глутамата, возможному эксайтотоксическому эффекту и как следствие вызывает нарушения сна [66].

Существует большое количество ресурсов, сообщающих о нарушениях сна у людей, проживающих в районах с повышенной концентрацией ртути. Так, опубликованы работы по изучению последствий отравлений ртутью на производстве люминесцентных ламп [67], в местах распространения рыбной промышленности [68], в стоматологических пунктах [69], в местах массовой добычи золота [70, 71]. Однако, несмотря на большое количество публикаций, описывающих вредоносность Hg, механизмы действия ртути на здоровье сна не изучены до конца.

2. Действие света на качество сна

На сегодняшний день, проблема светового загрязнения остается недостаточно популяризированной, несмотря на высокий уровень значимости и воздействия на здоровье человека [72].

Немногочисленные исследования сообщают о влиянии светового загрязнения на организм человека, так некоторые авторы пишут о повышенном риске возникновения ожирения, рака молочной железы, диабета и депрессии [73]. В последнее время появляется все больше доказательств того, что здоровье сна сильно подвержено действию света. Результаты исследований, проводимых как на животных, так и на людях демонстрируют, что воздействие искусственного света в вечернее и ночное время может снижать сонливость и увеличивать бодрость, что вызывает затруднения при отходе ко сну. Воздействие искусственного света подавляет высвобождение мелатонина, что в конечном итоге сокращает длительность сна, негативно сказывается на легкости пробуждения и функционировании в течение дня [74, 75]. Проведенные исследования показали, что сон с включенной прикроватной лампой может вызывать нарушения фазирования сна, так наличие света приводит к увеличению быстрой и сокращению медленной фаз [76]. Стоит отметить, что даже небольшое воздействие света может отложить начало сна, что является следствием задержки выработки мелатонина [77].

Помимо негативного эффекта, свет также может и улучшить сон, при воздействии в определенные промежутки времени. Ancoli-Israel с соавторами воздействовали светом на пациентов с болезнью Альцгеймера, в результате проведенных исследований удалось сделать вывод, что кратковременная подача света, приводит к улучшению показателей сна, так сон пациентов стал более крепким и качественным. [78]. Аналогичные результаты были получены в исследовании с участием баскетболистов. Воздействие красным светом способствовало улучшению выносливости и работоспособности, кроме того, был зафиксирован рост мелатонина в крови у испытуемых что, как следствие, привело к улучшению качества сна [79]. Подобные исследования были проведены на людях, работающих в ночную смену. Исследуемая группа подвергалась фототерапии в утренние часы после смены, что также благоприятно повлияло на эффективность и продолжительность сна. [80].

Восприятие света контролируется сетчаткой глаза, которая содержит фотопигмент мелатонин. Данный пигмент стимулирует бдительность в течение светового дня, а с наступлением темноты способствует глубокому сну. Эта система описывает механизм механического действия света и его связи с качеством сна [81]. В структуре глаза также располагаются светочувствительные ганглиозные клетки сетчатки (ip RGCs) [81], отвечающие за обработку света [82]. Эти клетки взаимодействуют с супрахиазматическим ядром (СХЯ) гипоталамуса, ассоциированным с циркадными ритмами [83]. Когда клетки сетчатки обнаруживают свет, СХЯ модулирует сон. Вне зависимости от источника света, будь то естественное или искусственное освещение, оно стимулирует выработку меланопсина, который сужает зрачки и подавляет высвобождение мелатонина, ответственного за сон, способствуя бодрствованию [84]. Таким образом, этот механизм подтверждает взаимосвязь качества сна от как естественных, так и искусственных источников света.

3. Влияние загрязнений воздуха на качество сна

Загрязнение воздуха – это загрязнение внутренней или внешней среды любым химическим, физическим или биологическим агентом, который изменяет естественные характеристики атмосферы. Практически всё население земли живет в местах, где уровень загрязнения воздуха превышает норму [85]. Такой вид загрязнений уже давно является одной из наиболее важных проблем здравоохранения. [86] Загрязнения воздуха могут быть причиной развития хронических респираторных [87] и сердечно-сосудистых заболеваний [88], а также когнитивных дисфункций, проявляющихся задержкой когнитивного развития у детей [89] и повышенным риском развития деменции у взрослых [90-94].

Авторы проведенных исследований обнаружили корреляцию между эффективностью сна и воздействием загрязняющих твердых частиц из воздуха. Так, у людей разных возрастных групп, воздействие твердыми частицами вызывало нарушения сна в ночное время [94, 95]. При этом у детей наблюдалось сокращение продолжительности сна, а у взрослых - увеличение его длительности [96, 97].

Одним из расстройств сна считается нарушение дыхания во сне (SDB). Многие литературные источники сообщают о возникновении SDB при воздействии диоксидом серы, озоном [98, 99], двуокисью углерода и твердыми частицами [100].

На данный момент имеется информация о двух механизмах воздействия загрязнений окружающего воздуха на качество сна. Первый – через регуляцию ЦНС и второй – через изменения в физиологии дыхательной системы.

Загрязнители воздуха могут напрямую влиять на биохимию центральной нервной системы, что в последствии может приводить к изменению экспрессии генов и нарушению регуляции нейрхимических веществ [96, 101, 102, 103]. Было выдвинуто предположение, что загрязнители могут вызывать повреждения нервных клеток [104], которые в свою очередь, могут приводить к различным нарушениям функций мозга, включая регуляцию сна.

Также частицы, являющиеся загрязнителями воздуха, могут оседать в дыхательных путях и повреждать клетки дыхательных путей, что может вызывать воспаления и обструкции дыхания [96, 105], тем самым ухудшая качество сна.

Таким образом, современная литература демонстрирует положительную связь между воздействием загрязняющих факторов и плохим качеством сна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сон представляет собой один из наиболее важных факторов, влияющих на общее состояние и производительность человека в целом, поэтому сохранение его здоровья является важной задачей здравоохранения. Нарушения сна могут влиять на многие аспекты, начиная от клеточных процессов и репродуктивных функций организма, заканчивая поведением индивидов во внешней среде. Всесторонний анализ факторов загрязнения окружающей среды, описанный в нашем обзоре, показал прямую корреляцию между негативным влиянием факторов загрязнения и качеством сна. Этот вывод сделан на основе исследований различных направлений, включающих наблюдения за группами, популяционными исследованиями и исследованиями на живых моделях.

Загрязняющие агенты могут оказывать влияние на сон посредством взаимодействия с компонентами циркадных ритмов, регулируя выработку дофамина, мелатонина и сератонина, затрагивая в основном нервную и нейротрансмиссивную системы, однако, точные механизмы воздействия все еще не изучены до конца. Избыточное накопление тяжелых металлов в организме, возникающее в результате загрязнений, вызванных антропогенными факторами, как правило приводит к нейродегенеративным заболеваниям, таким как манганоз или болезнь Вильсона. Воздействие светового загрязнения сказывается на выработке мелатонина и в конечном итоге сокращает длительность сна, негативно сказывается на легкости пробуждения и функционировании в течение дня. Стоит отметить, что помимо негативного эффекта, свет также может и улучшать сон при воздействии в определенные промежутки времени. Загрязнения воздуха приводят к нарушениям дыхания во сне, а также провоцируют расстройства сна в ночное время.

На сегодняшний день, имеется большой объем исследований, демонстрирующих негативное воздействие загрязнителей на сон, однако, механизм их действия является недостаточно изученным. В связи с этим, исследования, направленные на изучение факторов загрязнения, остаются достаточно актуальными. Уточнение механизмов действия загрязняющих агентов на организм человека позволят получить информацию о потенциальных терапевтических мерах для противодействия неблагоприятным последствиям воздействия загрязняющих веществ на здоровье человека. Освещение данных вопросов позволит популяризировать важность контроля уровня загрязняющих агентов и урегулировать их уровень в окружающей среде.

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy Metal Toxicity and the Environment. In: Luch A, ed. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*. Vol 101. *Experientia Supplementum*. Springer Basel; 2012:133-164. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6
2. Казакова Н. А., Садретдинова Л. Р., Мухаметшин А. А. Исследование почв территорий промышленных предприятий на предмет наличия тяжелых металлов. *Евразийский союз ученых*. – 2019. – № 12-2(69). – С. 9-13.
3. Гололобова, Т. В. Окружающая среда и здоровье. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. – 2022. – № 4. – С.3-11. – EDN VZUXHV.
4. Liu J, Ghasstine L, Um P, Rovit E, Wu T. Environmental exposures and sleep outcomes: A review of evidence, potential mechanisms, and implications. *Environmental Research*. 2021; 196:110406. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110406>
5. Bertoldi M, Borgini A, Tittarelli A, et al. Health effects for the population living near a cement plant: An epidemiological assessment. *Environment International*. 2012; 41:1-7. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.12.005>
6. Mamane A, Raheison C, Tessier JF, Baldi I, Bouvier G. Environmental exposure to pesticides and respiratory health. *Eur Respir Rev*. 2015;24(137):462-473. <https://doi.org/10.1183/16000617.00006114>
7. Recio A, Linares C, Banegas JR, Diaz J. Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory, and metabolic health: An integrative model of biological mechanisms. *Environmental Research*. 2016; 146:359-370. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.12.036>
8. Kim NH, Hyun YY, Lee KB, et al. Environmental Heavy Metal Exposure and Chronic Kidney Disease in the General Population. *J Korean Med Sci*. 2015;30(3):272. <https://doi.org/10.3346/jkms.2015.30.3.272>
9. Mezynska M, Brzóska MM. Environmental exposure to cadmium—a risk for health of the general population in industrialized countries and preventive strategies. *Environ Sci Pollut Res*. 2018;25(4):3211-3232. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0827-z>
10. Parmalee NL, Aschner M. Metals and Circadian Rhythms. In: *Advances in Neurotoxicology*. Vol 1. Elsevier; 2017:119-130. <https://doi.org/10.1016/bs.ant.2017.07.003>
11. Яковлева О.В., Полуэктов М.Г., Ляшенко Е.А., Левин О.С. Сон и когнитивные нарушения при нейродегенеративных заболеваниях. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2019. Т. 119. № 4-2. С. 89-98. <https://doi.org/10.17116/jnevro201911904289>
12. Ковальзон В.М., Угрюмов М.В., Пронина Т.С., Дорохов В.Б., Манолов А.И., Долгих В.В., Украинцева Ю.В., Моисеенко Л.С., Полуэктов М.Г., Калинин А.Л. Ранние стадии болезни Паркинсона: сравнительная характеристика цикла бодрствование–сон у пациентов и у модельных животных. *Физиология человека*. 2015. Т. 41. № 6. С. 114. <https://doi.org/10.7868/S0131164615040104>
13. Левин Я.И. Депрессия и сон. *Лечащий врач*. 2008. № 8. С. 29-32.
14. Valentino R, D'Esposito V, Ariemma F, Cimmino I, Beguinot F, Formisano P. Bisphenol A environmental exposure and the detrimental effects on human metabolic health: is it necessary to revise the risk assessment in vulnerable population? *J Endocrinol Invest*. 2016;39(3):259-263. <https://doi.org/10.1007/s40618-015-0336-1>
15. Obasi CN, Frazzoli C, Orisakwe OE. Heavy metals and metalloids exposure and in vitro fertilization: Critical concerns in human reproductive medicine. *Front Reprod Health*. 2022;4:1037379. <https://doi.org/10.3389/frph.2022.1037379>
16. Boucher O, Jacobson SW, Plusquellec P, et al. Prenatal Methylmercury, Postnatal Lead Exposure, and Evidence of Attention Deficit/Hyperactivity Disorder among Inuit Children in Arctic Québec. *Environmental Health Perspectives*. 2012;120(10):1456-1461. <https://doi.org/10.1289/ehp.1204976>
17. Sagiv SK, Thurston SW, Bellinger DC, Amarasiriwardena C, Korrick SA. Prenatal Exposure to Mercury and Fish Consumption During Pregnancy and Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder–Related Behavior in Children. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2012;166(12):1123. <https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2012.1286>
18. Wallace DA, Gallagher JP, Peterson SR, et al. Is Exposure to Chemical Pollutants Associated with Sleep Outcomes? A Systematic Review. *Public and Global Health*; 2022. <https://doi.org/10.1101/2022.11.02.22281802>
19. Arimura M, Imai M, Okawa M, Fujimura T, Yamada N. Sleep, Mental Health Status, and Medical Errors among Hospital Nurses in Japan. *Ind Health*. 2010;48(6):811-817. <https://doi.org/10.2486/indhealth.MS1093>
20. Banks S, Dinges DF. Behavioral and physiological consequences of sleep restriction. *J Clin Sleep Med*. 2007;3(5):519-528. <https://doi.org/10.5664/jcsm.26918>
21. Strine TW, Chapman DP. Associations of frequent sleep insufficiency with health-related quality of life and health behaviors. *Sleep Medicine*. 2005;6(1):23-27. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2004.06.003>
22. Fang SC, Schwartz J, Yang M, Yaggi HK, Bliwise DL, Araujo AB. Traffic-related air pollution and sleep in the Boston Area Community Health Survey. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2015;25(5):451-456. <https://doi.org/10.1038/jes.2014.47>
23. Sears CG, Zierold KM. Health of Children Living Near Coal Ash. *Global Pediatric Health*. 2017;4:2333794X17720330. <https://doi.org/10.1177/2333794X17720330>
24. Irish LA, Kline CE, Gunn HE, Buysse DJ, Hall MH. The role of sleep hygiene in promoting public health: A review of empirical evidence. *Sleep Medicine Reviews*. 2015;22:23-36. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2014.10.001>
25. Mikati I, Benson AF, Luben TJ, Sacks JD, Richmond-Bryant J. Disparities in Distribution of Particulate Matter Emission Sources by Race and Poverty Status. *Am J Public Health*. 2018;108(4):480-485. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2017.304297>
26. Jackson CL, Redline S, Emmons KM. Sleep as a Potential Fundamental Contributor to Disparities in Cardiovascular Health. *Annu Rev Public Health*. 2015;36(1):417-440. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031914-122838>
27. Billings ME, Cohen RT, Baldwin CM, et al. Disparities in Sleep Health and Potential Intervention Models. *Chest*. 2021;159(3):1232-1240. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.09.249>
28. Giddens NT, Juneau P, Manza P, Wiers CE, Volkow ND. Disparities in sleep duration among American children: effects of race and ethnicity, income, age, and sex. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2022;119(30):e2120009119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2120009119>
29. Давыдова О. А., Климов Е. С., Ваганова Е. С., Ваганов А. С. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах. *Ульяновский государственный технический университет*, 2014. – 167 с.
30. Aschner M, Guilarte TR, Schneider JS, Zheng W. Manganese: Recent advances in understanding its transport and neurotoxicity. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 2007;221(2):131-147. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2007.03.001>

31. Guilarte TR. Manganese and Parkinson's disease: a critical review and new findings. *Environ Health Perspect.* 2010;118(8):1071-1080. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901748>
32. Crossgrove J, Zheng W. Manganese toxicity upon overexposure. *NMR Biomed.* 2004;17(8):544-553. <https://doi.org/10.1002/nbm.931>
33. O'Neal SL, Zheng W. Manganese Toxicity Upon Overexposure: a Decade in Review. *Curr Envir Health Rpt.* 2015;2(3):315-328. <https://doi.org/10.1007/s40572-015-0056-x>
34. Cowan DM, Fan Q, Zou Y, et al. Manganese exposure among smelting workers: blood manganese-iron ratio as a novel tool for manganese exposure assessment. *Biomarkers.* 2009;14(1):3-16. <https://doi.org/10.1080/13547500902730672>
35. Cowan DM, Zheng W, Zou Y, et al. Manganese exposure among smelting workers: Relationship between blood manganese-iron ratio and early onset neurobehavioral alterations. *NeuroToxicology.* 2009;30(6):1214-1222. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2009.02.005>
36. Dydak U, Jiang YM, Long LL, et al. In Vivo Measurement of Brain GABA Concentrations by Magnetic Resonance Spectroscopy in Smelters Occupationally Exposed to Manganese. *Environ Health Perspect.* 2011;119(2):219-224. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002192>
37. Alessio L, Apostoli P, Ferioli A, Lombardi S. Interference of Manganese on neuroendocrinal system in exposed workers: Preliminary report. *Biol Trace Elem Res.* 1989;21(1):249-253. <https://doi.org/10.1007/BF02917260>
38. Mutti A, Bergamaschi E, Alinovi R, Lucchini R, Vettori MV, Franchini I. Serum prolactin in subjects occupationally exposed to manganese. *Ann Clin Lab Sci.* 1996;26(1):10-17.
39. Lucchini R, Zimmerman N. Lifetime cumulative exposure as a threat for neurodegeneration: Need for prevention strategies on a global scale. *NeuroToxicology.* 2009;30(6):1144-1148. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2009.10.003>
40. Oulhote Y, Mergler D, Bouchard MF. Sex- and age-differences in blood manganese levels in the U.S. general population: national health and nutrition examination survey 2011-2012. *Environ Health.* 2014;13:87. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-13-87>
41. Zhang LL, Lu L, Pan YJ, et al. Baseline blood levels of manganese, lead, cadmium, copper, and zinc in residents of Beijing suburb. *Environ Res.* 2015;140:10-17. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.03.008>
42. De Cruz S, Espiritu JRD, Zeidler M, Wang TS. Sleep disorders in chronic liver disease. *Semin Respir Crit Care Med.* 2012;33(1):26-35. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1301732>
43. Roussel B, Renaud B. Effect of chronic manganese intoxication on the sleep-wake cycle in the rat. *Neurosci Lett.* 1977;4(1):55-60. [https://doi.org/10.1016/0304-3940\(77\)90125-2](https://doi.org/10.1016/0304-3940(77)90125-2)
44. Stern BR. Essentiality and toxicity in copper health risk assessment: overview, update and regulatory considerations. *J Toxicol Environ Health A.* 2010;73(2):114-127. <https://doi.org/10.1080/15287390903337100>
45. Harvey LJ, McArdle HJ. Biomarkers of copper status: a brief update. *Br J Nutr.* 2008;99(S3):S10-S13. <https://doi.org/10.1017/S0007114508006806>
46. Dorsey A., Ingerman L. Toxicological profile for copper. – 2004.
47. Song CH, Kim YH, Jung KI. Associations of Zinc and Copper Levels in Serum and Hair with Sleep Duration in Adult Women. *Biol Trace Elem Res.* 2012;149(1):16-21. <https://doi.org/10.1007/s12011-012-9398-5>
48. Firneisz G, Szalay F, Halasz P, Komoly S. Hypersomnia in Wilson's disease: an unusual symptom in an unusual case. *Acta Neurol Scand.* 2000;101(4):286-288. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0404.2000.101004286.x>
49. Nevsimalova S, Buskova J, Bruha R, et al. Sleep disorders in Wilson's disease: Sleep in Wilson's disease. *European Journal of Neurology.* 2011;18(1):184-190. <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2010.03106.x>
50. Amann VC, Maru NK, Jain V. Hypersomnolence in Wilson Disease. *Journal of Clinical Sleep Medicine.* 2015;11(11):1341-1343. <https://doi.org/10.5664/jcsm.5204>
51. Tribi GG, Trindade MC, Bittencourt T, et al. Wilson's disease with and without rapid eye movement sleep behavior disorder compared to healthy matched controls. *Sleep Medicine.* 2016;17:179-185. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2015.09.003>
52. Wimalasena DS, Wiese TJ, Wimalasena K. Copper ions disrupt dopamine metabolism via inhibition of V-H + -ATPase: a possible contributing factor to neurotoxicity. *J Neurochem.* 2007;101(2):313-326. <https://doi.org/10.1111/j.1471-4159.2006.04362.x>
53. Jones CE, Underwood CK, Coulson EJ, Taylor PJ. Copper induced oxidation of serotonin: analysis of products and toxicity. *J Neurochem.* 2007;102(4):1035-1043. <https://doi.org/10.1111/j.1471-4159.2007.04602.x>
54. Knez M, Stangoulis JCR. Dietary Zn deficiency, the current situation and potential solutions. *Nutr Res Rev.* Published online October 21, 2021:1-17. <https://doi.org/10.1017/S0954422421000342>
55. Peters S, Koh J, Choi DW. Zinc selectively blocks the action of N-methyl-D-aspartate on cortical neurons. *Science.* 1987;236(4801):589-593. <https://doi.org/10.1126/science.2883728>
56. Vlachová V, Zemková H, Vyklický L. Copper Modulation of NMDA Responses in Mouse and Rat Cultured Hippocampal Neurons. *European Journal of Neuroscience.* 1996;8(11):2257-2264. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.1996.tb01189.x>
57. Zhang H qun, Li N, Zhang Z, et al. Serum Zinc, Copper, and Zinc/Copper in Healthy Residents of Jinan. *Biol Trace Elem Res.* 2009;131(1):25-32. <https://doi.org/10.1007/s12011-009-8350-9>
58. Fox DA, Hamilton WR, Johnson JE, et al. Gestational lead exposure selectively decreases retinal dopamine amacrine cells and dopamine content in adult mice. *Toxicology and Applied Pharmacology.* 2011;256(3):258-267. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2011.05.021>
59. LeWinn KZ, Stroud LR, Molnar BE, Ware JH, Koenen KC, Buka SL. Elevated maternal cortisol levels during pregnancy are associated with reduced childhood IQ. *International Journal of Epidemiology.* 2009;38(6):1700-1710. <https://doi.org/10.1093/ije/dyp200>
60. Braun JM, Wright RJ, Just AC, et al. Relationships between lead biomarkers and diurnal salivary cortisol indices in pregnant women from Mexico City: a cross-sectional study. *Environ Health.* 2014;13(1):50. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-13-50>
61. Mohammadyan M, Moosazadeh M, Borji A, Khanjani N, Rahimi Moghadam S. Exposure to lead and its effect on sleep quality and digestive problems in soldering workers. *Environ Monit Assess.* 2019;191(3):184. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7298-2>

62. Kobal AB, Grum DK. Scopoli's work in the field of mercurialism in light of today's knowledge: Past and present perspectives. *Am J Ind Med*. Published online 2010:n/a-n/a. <https://doi.org/10.1002/ajim.20798>
63. Kosta L, Byrne AR, Zelenko V. Correlation between selenium and mercury in man following exposure to inorganic mercury. *Nature*. 1975;254(5497):238-239. <https://doi.org/10.1038/254238a0>
64. Falnoga I, Tusek-Znidaric M, Horvat M, Stegnar P. Mercury, selenium, and cadmium in human autopsy samples from Idrija residents and mercury mine workers. *Environ Res*. 2000;84(3):211-218. <https://doi.org/10.1006/enrs.2000.4116>
65. Arito H, Hara N, Torii S. Effect of methylmercury chloride on sleep-waking rhythms in rats. *Toxicology*. 1983;28(4):335-345. [https://doi.org/10.1016/0300-483x\(83\)90007-0](https://doi.org/10.1016/0300-483x(83)90007-0)
66. Aschner M, Syversen T, Souza DO, Rocha JBT, Farina M. Involvement of glutamate and reactive oxygen species in methylmercury neurotoxicity. *Braz J Med Biol Res*. 2007;40(3):285-291. <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2007000300001>
67. Rossini SR, Reimão R, Lefèvre BH, Medrado-Faria MA. Chronic insomnia in workers poisoned by inorganic mercury: psychological and adaptive aspects. *Arq Neuropsiquiatr*. 2000;58(1):32-38. <https://doi.org/10.1590/s0004-282x2000000100005>
68. Knobeloch L, Steenport D, Schrank C, Anderson H. Methylmercury exposure in Wisconsin: A case study series. *Environ Res*. 2006;101(1):113-122. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2005.07.008>
69. Moen B, Hollund B, Riise T. Neurological symptoms among dental assistants: a cross-sectional study. *J Occup Med Toxicol*. 2008;3(1):10. <https://doi.org/10.1186/1745-6673-3-10>
70. Bose-O'Reilly S, Schierl R, Nowak D, et al. A preliminary study on health effects in villagers exposed to mercury in a small-scale artisanal gold mining area in Indonesia. *Environ Res*. 2016;149:274-281. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.04.007>
71. Vahabzadeh M, Balali-Mood M. Occupational Metallic Mercury Poisoning in Gilders. *Int J Occup Environ Med*. 2016;7(2):116-122. <https://doi.org/10.15171/ijocem.2016.776>
72. Бармасов А. В., Бармасова А. М., Яковлева Т. Ю. Биосфера и физические факторы. Световое загрязнение окружающей среды. Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2014. – № 33. – С. 84-101.
73. Mulvin D. Media Prophylaxis: Night Modes and the Politics of Preventing Harm. *Information & Culture*. 2018;53(2):175-202. <https://doi.org/10.7560/IC53203>
74. Chang AM, Aeschbach D, Duffy JF, Czeisler CA. Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015;112(4):1232-1237. <https://doi.org/10.1073/pnas.1418490112>
75. De La Iglesia HO, Fernández-Duque E, Golombek DA, et al. Access to Electric Light Is Associated with Shorter Sleep Duration in a Traditionally Hunter-Gatherer Community. *J Biol Rhythms*. 2015;30(4):342-350. <https://doi.org/10.1177/0748730415590702>
76. Cho JR, Joo EY, Koo DL, Hong SB. Let there be no light: the effect of bedside light on sleep quality and background electroencephalographic rhythms. *Sleep Medicine*. 2013;14(12):1422-1425. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2013.09.007>
77. Zeitzer JM, Fiscarò RA, Ruby NF, Heller HC. Millisecond flashes of light phase delay the human circadian clock during sleep. *J Biol Rhythms*. 2014;29(5):370-376. <https://doi.org/10.1177/0748730414546532>
78. Ancoli-Israel S, Gehrman P, Martin JL, et al. Increased Light Exposure Consolidates Sleep and Strengthens Circadian Rhythms in Severe Alzheimer's Disease Patients. *Behavioral Sleep Medicine*. 2003;1(1):22-36. https://doi.org/10.1207/S15402010BSM0101_4
79. Zhao J, Tian Y, Nie J, Xu J, Liu D. Red Light and the Sleep Quality and Endurance Performance of Chinese Female Basketball Players. *Journal of Athletic Training*. 2012;47(6):673-678. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.6.08>
80. Thorne HC, Hampton SM, Morgan LM, Skene DJ, Arendt J. Returning from night shift to day life: Beneficial effects of light on sleep: Timed light and sleep after night shift. *Sleep and Biological Rhythms*. 2010;8(3):212-221. <https://doi.org/10.1111/j.1479-8425.2010.00451.x>
81. Yamazaki S, Goto M, Menaker M. No Evidence for Extraocular Photoreceptors in the Circadian System of the Syrian Hamster. *J Biol Rhythms*. 1999;14(3):197-201. <https://doi.org/10.1177/074873099129000605>
82. Paul KN, Saafir TB, Tosini G. The role of retinal photoreceptors in the regulation of circadian rhythms. *Rev Endocr Metab Disord*. 2009;10(4):271-278. <https://doi.org/10.1007/s11154-009-9120-x>
83. Pezuk P, Mohawk JA, Yoshikawa T, Sellix MT, Menaker M. Circadian organization is governed by extra-SCN pacemakers. *J Biol Rhythms*. 2010;25(6):432-441. <https://doi.org/10.1177/0748730410385204>
84. Weng S, Wong KY, Berson DM. Circadian Modulation of Melanopsin-Driven Light Response in Rat Ganglion-Cell Photoreceptors. *J Biol Rhythms*. 2009;24(5):391-402. <https://doi.org/10.1177/0748730409343767>
85. World Health Organization et al. Ambient (outdoor) air quality and health. – 2018.
86. Прилипко, Н. С. Перспективные направления Научно-технологического развития и совершенствования организации здравоохранения, направленные на противодействие техногенным угрозам, связанным с загрязнением атмосферного воздуха. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 2: 37-52. – EDN ROXVVGK.
87. Kurt OK, Zhang J, Pinkerton KE. Pulmonary health effects of air pollution. *Curr Opin Pulm Med*. 2016;22(2):138-143. <https://doi.org/10.1097/MCP.0000000000000248>
88. Franklin BA, Brook R, Arden Pope C. Air pollution and cardiovascular disease. *Curr Probl Cardiol*. 2015;40(5):207-238. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2015.01.003>
89. Sunyer J, Esnaola M, Alvarez-Pedrerol M, et al. Association between traffic-related air pollution in schools and cognitive development in primary school children: a prospective cohort study. *PLoS Med*. 2015;12(3):e1001792. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001792>
90. Fu P, Guo X, Cheung FMH, Yung KKL. The association between PM2.5 exposure and neurological disorders: A systematic review and meta-analysis. *Science of The Total Environment*. 2019;655:1240-1248. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.218>
91. Paul KC, Haan M, Mayeda ER, Ritz BR. Ambient Air Pollution, Noise, and Late-Life Cognitive Decline and Dementia Risk. *Annu Rev Public Health*. 2019;40(1):203-220. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-040218-044058>

92. Peters R, Ee N, Peters J, Booth A, Mudway I, Anstey KJ. Air Pollution and Dementia: A Systematic Review. *J Alzheimers Dis.* 2019;70(s1):S145-S163. <https://doi.org/10.3233/JAD-180631>
93. Russ TC, Reis S, van Tongeren M. Air pollution and brain health: defining the research agenda. *Curr Opin Psychiatry.* 2019;32(2):97-104. <https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000480>
94. Shou Y, Huang Y, Zhu X, Liu C, Hu Y, Wang H. A review of the possible associations between ambient PM_{2.5} exposures and the development of Alzheimer's disease. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2019;174:344-352. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.02.086>
95. Bose S, Ross KR, Rosa MJ, et al. Prenatal particulate air pollution exposure and sleep disruption in preschoolers: Windows of susceptibility. *Environ Int.* 2019;124:329-335. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.012>
96. Abou-Khadra MK. Association between PM₁₀ exposure and sleep of Egyptian school children. *Sleep Breath.* 2013;17(2):653-657. <https://doi.org/10.1007/s11325-012-0738-7>
97. An R, Yu H. Impact of ambient fine particulate matter air pollution on health behaviors: a longitudinal study of university students in Beijing, China. *Public Health.* 2018;159:107-115. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2018.02.007>
98. Kheirandish-Gozal L, Ghalebani M, Salehi M, Salarifar MH, Gozal D. Neighbourhood air quality and snoring in school-aged children. *European Respiratory Journal.* 2014;43(3):824-832. <https://doi.org/10.1183/09031936.00113113>
99. Sánchez T, Gozal D, Smith DL, Fonca C, Betancur C, Brockmann PE. Association between air pollution and sleep disordered breathing in children. *Pediatr Pulmonol.* 2019;54(5):544-550. <https://doi.org/10.1002/ppul.24256>
100. Castañeda JL, Kheirandish-Gozal L, Gozal D, Accinelli RA, The Pampa Cangallo Instituto de Investigaciones de la Altura Research Group. Effect of reductions in biomass fuel exposure on symptoms of sleep apnea in children living in the peruvian andes: A preliminary field study: Biomass and Snoring in Children. *Pediatr Pulmonol.* 2013;48(10):996-999. <https://doi.org/10.1002/ppul.22720>
101. Billings ME, Gold D, Szpiro A, et al. The Association of Ambient Air Pollution with Sleep Apnea: The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Annals ATS.* Published online December 20, 2018:AnnalsATS.201804-248OC. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201804-248OC>
102. Shen YL, Liu WT, Lee KY, Chuang HC, Chen HW, Chuang KJ. Association of PM_{2.5} with sleep-disordered breathing from a population-based study in Northern Taiwan urban areas. *Environmental Pollution.* 2018;233:109-113. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.052>
103. Zanobetti A, Redline S, Schwartz J, et al. Associations of PM₁₀ with Sleep and Sleep-disordered Breathing in Adults from Seven U.S. Urban Areas. *Am J Respir Crit Care Med.* 2010;182(6):819-825. <https://doi.org/10.1164/rccm.200912-1797OC>
104. Brockmeyer S, D'Angiulli A. How air pollution alters brain development: the role of neuroinflammation. *Translational Neuroscience.* 2016;7(1):24-30. <https://doi.org/10.1515/tnsci-2016-0005>
105. Khafaie M, Yajnik C, Salvi S, Ojha A. Critical review of air pollution health effects with special concern on respiratory health. *JAPH.* 2016;1(2):123-136.

THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON SLEEP QUALITY

Kabieva¹ Sh.Sh, Mishina A.I.¹, Korobeinikova A.V.¹, Bakoev S.Y.¹, Titova A.G.¹,
Bajov A.V.¹, Keskinov A.A.¹, Makarov V.V.¹, Yudin V.S.¹, Getmantzeva L.V.¹

¹Federal State Budgetary Institution "Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks" of the Federal Medical Biological Agency, Pogodinskaya 10, 119121, Moscow, Russia

ABSTRACT. The negative impact of the environment on sleep has been a long-standing problem for both adults and children. However, the relationship between sleep and environmental factors has not been systematically investigated. Most studies have focused on the effects of adverse factors on the respiratory, nervous, cardiovascular systems and the mechanics of inflammatory processes. At the same time, the impact of poor-quality sleep on human health remains underestimated. More recently, studies have begun to appear that focus on finding the relationship between the impact of unfavorable environmental factors on sleep health, in particular on the overall quality of sleep and its duration. Current studies include the effects of pollution on the development of insomnia; sleep phasing disorders; the nature of breathing during sleep. Nevertheless, there is a need for further research in this area, to determine relationships and discover dependencies between various sleep factors and their effects on human health. This review discusses and summarizes studies of such negative environmental impacts as: air pollution, the toxic effects of heavy metals and the effects of light on sleep quality. Understanding these processes can help to formulate new therapies that could minimize the effects of adverse influences and thereby improve both the quality of sleep and the overall human health.

Keywords: environmental pollution, sleep health, heavy metals, noise pollution, air pollution.

Сведения об авторах

Кабиева Шуанат Шамилевна, аналитик, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, ORCID: 0009-0004-9610-0889,
Мишина Арина Игоревна, к.б.н., аналитик, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, ORCID: 0000-0003-1134-9366,
Коробейникова Анна Васильевна, аналитик, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, ORCID: 0009-0003-0556-9343,
Бакоев Сирождин Юсуфович, к.б.н., аналитик 1 категории, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, ORCID: 0000-0002-0324-3580,
Титова Анастасия Германовна, аналитик, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, ORCID: 0000-0003-1822-9842,
Баёв Артур Владимирович, аналитик, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, ORCID: 0000-0002-9046-1737,
Кескинов Антон Артурович, к.м.н., начальник управления, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, ORCID: 0000-0001-7378-983X
Макаров Валентин Владимирович, к.б.н., начальник отдела, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, ORCID: 0000-0001-9495-0266,
Юдин Владимир Сергеевич, к.б.н., начальник отдела, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, ORCID: 0000-0002-9199-6258,
Гетманцева Любовь Владимировна, д.б.н., Ведущий аналитик, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства. ORCID: 0000-0003-1868-3148.

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК. 615.84

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
СОЧЕТАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕЧЕБНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ
ФАКТОРОВ У ПАЦИЕНТОВ С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ**

Беньков А.А.^{1*}, Нагорнев С.Н.²

¹Общество с ограниченной ответственностью «Мед ТеКо» г. Москва, Россия

²ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» УПД России, г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ. В статье рассматриваются вопросы применения математического моделирования для оценки прогноза неблагоприятного развития метаболического синдрома и оценке эффективности применения физиотерапевтических факторов (транскраниальной магнитотерапии и импульсного низкочастотного электростатического поля). Доказано, что в основе такого подхода может лежать анализ динамических изменений индекса инсулинорезистентности вне зависимости от метода лечения во взаимосвязи с состоянием различных функциональных систем организма пациентов. Показано, что эффективность лечения обратно пропорциональна тяжести заболевания. Разработана регрессионная модель, позволяющая персонифицировать физиотерапевтическое лечение пациентов с метаболическим синдромом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: импульсное низкочастотное электростатическое поле, метаболический синдром, математическая модель, сочетанное применение физиотерапевтических факторов, транскраниальная магнитотерапия, эффективность лечения, прогноз развития заболевания

ВВЕДЕНИЕ

Проблема создания математических моделей в медицине является весьма сложной, поскольку применение хорошо разработанных алгоритмов параметрической статистики строго ограничено, а непараметрические методы не страдают высокой содержательной информативностью. В связи с этим, зачастую врачи-исследователи, опираясь на современные методы статистического анализа, предлагают либо свои «оригинальные» способы прогнозирования рисков развития заболевания и оценки эффективности лечения, либо пытаются привлечь не всегда корректные методы параметрической статистики [1-5].

В особой мере эта проблема характерна для метаболического синдрома (МС), который является одним из предикторов заболеваний сердечно-сосудистой системы с летальным исходом [6-8], и создание адекватной математической модели его развития, в том числе и при проведении терапевтических мероприятий, может способствовать снижению риска развития жизнеугрожающих состояний за счет персонифицированного подхода к лечению таких пациентов.

* * Адрес для переписки:

Беньков Андрей Александрович, a.benkov@medteco.ru.

Цитирование: Беньков А.А., Нагорнев С.Н. Математическая модель оценки эффективности сочетанного применения лечебных физических факторов у пациентов с метаболическим синдромом. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023. 2: 53-61.

Citation: Benkov A.A., Nagornev S.N. A mathematical model for evaluating the effectiveness of the combined use of therapeutic physical factors in patients with metabolic syndrome. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023. 2: 53-61.

Ранее мы показали высокую эффективность сочетанной физиотерапии с применением транскраниальной магнитотерапии (ТМТ) и импульсного низкочастотного электростатического поля (ИНЭСП) при лечении пациентов с МС [9, 10], однако традиционный математический анализ динамики показателей в каждой группе пациентов относительно небольшого объема (20-30 человек) не позволяет построить адекватную математическую модель, в связи с чем были применены иные принципы статистического анализа.

Для этого, не взирая на метод лечения, была исследована эффективность лечения пациентов в зависимости от степени выраженности резистентности к инсулину. Этот прием имеет право на существование, поскольку физиофакторы оказывали разной степени выраженности однонаправленное системное воздействие на организм пациентов, что позволяет оценить степень реализации терапевтического эффекта в зависимости от тяжести патологического процесса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на базе Медицинского центра «ИММА» (г. Москва) с участием 100 пациентов в возрасте от 21 до 40 лет (в среднем $30,5 \pm 0,37$ года) с установленным диагнозом «метаболический синдром». На основании проведенной рандомизации были сформированы 4 группы, сопоставимые между собой по оцениваемым клинико-функциональным показателям: первая группа (контрольная группа, 25 пациентов с МС) получала плацебо-воздействие (имитация физиотерапевтического воздействия при выключенном аппарате) в течение 10 дней наблюдения; вторая группа (основная группа 1, 25 пациентов), подвергалась воздействию ИНЭСП; третья группа (основная 2, 25 пациентов) получала ТМТ БМП; четвертая группа (основная 3, 25 пациентов) получала сочетанное воздействие ТМТ и ИНЭСП. Референсные значения были получены у 18 практически здоровых добровольцев в возрасте $31,6 \pm 0,84$ года

У всех пациентов до и после лечения изучали различные показатели, характеризующие состояние сердечно-сосудистой системы, включая вариабельность сердечного ритма, инсулин-кортизоловая регуляция углеводного и липидного обмена, перекисное окисление липидов, микроциркуляторно-тканевую систему. Более детальная характеристика методов лечения пациентов с МС и анализируемых параметров представлена в ранее опубликованной нашей работе [9]. Статистический анализ проведен с помощью программы «Statistica v. 10.0» (Statsoft, США). Были использованы алгоритмы корреляционного и регрессионного анализов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что эффективность лечения напрямую зависела от степени выраженности инсулинорезистентности (по индексу НОМА) и при этом были выявлены весьма интересные факты (Таблица 1).

Во-первых, при относительно невысоких значениях индекса НОМА (в диапазоне от 4 до 6), эффект лечения проявился по всем 9-ти показателям, тогда как при НОМА от 6,1 до 7,0 и более 7,1 достоверно изменились соответственно 6 и 5 показателей.

Во-вторых, из всех исследованных нами параметров в процессе лечения сильнее всего отмечалось снижение индекса НОМА (от 8,5 до 29,5%), что свидетельствует о патогенетической направленности биологического потенциала физиотерапевтического воздействия у пациентов с МС.

В-третьих, вслед за индексом НОМА более всего положительные изменения после лечения отмечались в виде регресса коэффициента атерогенности (от 4,0 до 16,0%), и увеличения скорости потребления кислорода (от 6,3 до 14,5%).

В-четвертых, и это главное, при увеличении резистентности к инсулину эффективность лечения (по выраженности динамики показателей) падает и этот тренд был характерен для всех показателей (Рисунок 1).

Мы полагаем, что эти факты однозначно свидетельствуют о том, что эффективность лечения во многом определяется наличием резервных возможностей организма пациентов, и в наибольшей степени она проявляется при относительно низких значениях индекса НОМА. С другой стороны, эти факты свидетельствуют о том, что при относительно тяжелом течении МС терапевтического потенциала физиотерапевтических процедур явно недостаточно и в этом случае целесообразно усилить лечебный комплекс необходимыми лекарственными препаратами.

Следующим шагом нашего исследования явилась оценка эффективности проведенной терапии пациентов с МС на основе интегративного коэффициента. В качестве наиболее информативных переменных были выбраны индекс инсулинорезистентности НОМА и индекс Кетле (ИМТ), так как именно эти показатели обладают наибольшей информативностью в оценке патогенетических механизмов, определяющих развитие МС.

Таблица 1. Динамика основных параметров различных функциональных систем организма пациентов в процессе лечения в зависимости от степени выраженности инсулинорезистентности

Показатели	Здоровые добровольцы (n=18)	Пациенты с метаболическим синдромом			
		Группа 1 (n=27) НОМА <5,0	Группа 2 (n=23) НОМА 5,1-6,0	Группа 3 (n=30) НОМА 6,1-7,0	Группа 4 (n=20) НОМА >7,1
Индекс инсулинорезистентности	2,33 ± 0,06	4,82 ± 0,09 3,40 ± 0,06***	5,86 ± 0,11 4,90 ± 0,08***	6,41 ± 0,13 5,77 ± 0,11**	7,69 ± 0,21 7,04 ± 0,19*
Индекс массы тела	23,2 ± 0,22	28,4 ± 0,28 27,7 ± 0,22	30,6 ± 0,28 30,0 ± 0,26	31,1 ± 0,28 30,7 ± 0,27	32,3 ± 0,33 32,0 ± 0,31
Систолическое АД, мм рт. ст.	124 ± 0,78	134 ± 1,44 125 ± 1,22***	138 ± 1,59 130 ± 1,41***	141 ± 1,07 134 ± 1,01**	145 ± 1,61 140 ± 1,50*
Диастолическое АД, мм рт. ст.	83 ± 0,54	88 ± 0,65 81 ± 0,54***	94 ± 0,81 86 ± 0,62***	95 ± 0,74 90 ± 0,68***	97 ± 0,86 93 ± 0,79*
Коэффициент атерогенности	2,38 ± 0,09	3,86 ± 0,08 3,24 ± 0,06***	4,60 ± 0,13 4,02 ± 0,09***	5,25 ± 0,16 4,83 ± 0,13*	7,05 ± 0,21 6,77 ± 0,18
Малоновый диальдегид, ммоль/л	4,32 ± 0,08	6,70 ± 0,09 6,05 ± 0,07***	6,80 ± 0,11 6,24 ± 0,09***	7,68 ± 0,15 7,14 ± 0,12*	8,53 ± 0,17 7,91 ± 0,15*
Кортизол, нмоль/л	329 ± 4,7	378 ± 7,8 419 ± 9,5**	443 ± 10,9 477 ± 12,0*	490 ± 6,8 505 ± 7,3	563 ± 13,9 574 ± 14,3
Скорость потребления кислорода, отн. ед.	445 ± 4,9	346 ± 8,9 396 ± 10,7**	237 ± 7,3 262 ± 8,6*	216 ± 3,2 240 ± 3,9**	190 ± 3,1 202 ± 3,6*
Коэффициент вагосимпатического баланса LF/HF, ед.	1,54 ± 0,02	1,67 ± 0,04 1,56 ± 0,03*	1,87 ± 0,04 1,75 ± 0,04*	1,92 ± 0,02 1,88 ± 0,02	2,01 ± 0,05 1,94 ± 0,04

Примечание: в каждой клетке таблицы у пациентов с метаболическим синдромом верхние значения – до лечения, нижние – после лечения; надстрочные индексы указывают достоверность динамики показателя (* - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$).

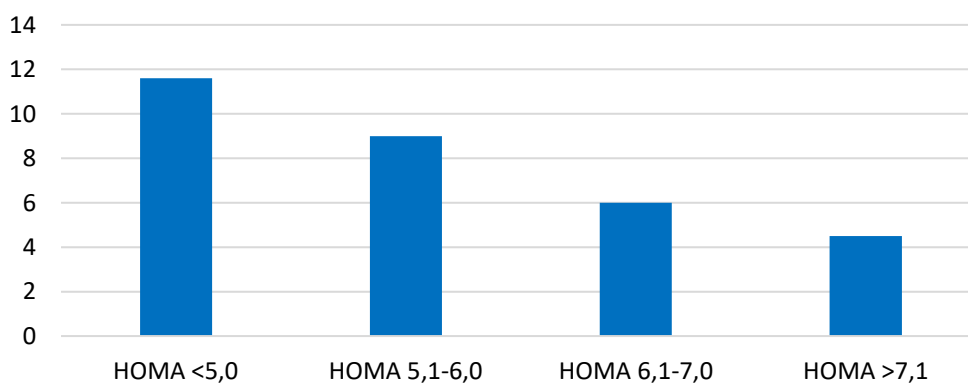


Рисунок 1. Средний процент благоприятных изменений по 9-ти показателям в различных функциональных системах у пациентов с метаболическими синдромами в зависимости от степени выраженности резистентности к инсулину

Указанные переменные, имеющие различные абсолютные значения, с помощью алгоритма, предложенного Яковлевым М.Ю. [2], были приведены к единой десятибалльной системе. Для этого автор предлагает предварительно разбить весь диапазон референсных значений на 4 уровня. При этом медиана приравнивается к 10-ти баллам, а отклонение от нее на 16,66 и 33,3 % - соответственно к 7,5 и 5 баллам. Крайние значения, соответствующие границам нормы, приравниваются к 2,5 баллам. Формула перевода абсолютного значения в десятибалльную систему имеет вид:

$$I = U - (((C - L) * 2,5) / \Delta),$$

где I – переменная в десятибалльном измерении; U – верхняя граница одного из 4-х интервалов, куда был отнесен измеренный показатель после сравнения с медианой; C – измененное значение переменной; L – значение параметра, соответствующее нижней границе того 4-х уровневого интервала, куда данный параметр был отнесен по результату сравнения с медианой; Δ - диапазон абсолютных значений параметра, определяющие границы того интервала, куда данный параметр был отнесен по результату сравнения с медианой [11]. В Таблице 2 представлены значения выбранных переменных в десятибалльной шкале.

Таблица 2. 10-ти балльные значения показателей, используемые для оценки эффективности применения лечебных физических факторов

Показатель, группа		Значение переменной в 10-ти балльной шкале
НОМА	Контрольная группа	1,03
	Основная группа 1 (ИНЭСП)	1,76
	Основная группа 2 (ТМТ)	1,83
	Основная группа 3 (ИНЭСП+ТМТ)	2,53
ИМТ	Контрольная группа	4,98
	Основная группа 1 (ИНЭСП)	5,56
	Основная группа 2 (ТМТ)	6,04
	Основная группа 3 (ИНЭСП+ТМТ)	6,89

Формула расчета интегрального коэффициента эффективности терапии (ИКЭТ) для двух выбранных переменных имеет следующий вид [2]:

$$ИКЭТ = 2 * K_1 * K_2 / (K_1 + K_2),$$

где: K₁-K₂ – значения НОМА и ИМТ в десятибалльной системе.

Полученные расчетные значения ИКЭТ для различных схем терапии представлены на рисунке 2.

Выполненный корреляционный анализ между значениями САК и ИКЭТ показал, что между этими двумя параметрами существует сильная, отрицательная достоверная взаимосвязь (r = -0,89; p < 0,05).

Весьма интересен еще один вариант анализа, приближающий нас как к оценке риска развития осложнений, так и к оценке эффективности профилактики этих осложнений. Для этого предлагается расчет условного коэффициента:

$$K_{(риск)} = [НОМА_{(пациент)} - НОМА_{(здоровые добровольцы)}] / НОМА_{(пациент)}$$

Расчеты показывают, что до начала лечения по мере возрастания индекса НОМА у пациентов с метаболическим синдромом (в 4-х группах) значения этого коэффициента составили соответственно 0,52; 0,60; 0,64; 0,70. Предположим, что в некоторой мере это свидетельствует о степени выраженности риска осложнений МС по мере усиления резистентности к инсулину. Примечательно, что в процессе лечения в этих же группах пациентов K_(риск) уменьшался соответственно с 0,52 до 0,32, с 0,60 до 0,51, с 0,64 до 0,60 и с 0,70 до 0,68. Другими словами, есть все основания полагать, что в наибольшей степени профилактическим эффектом обладает физиотерапия при относительно низких значениях индекса НОМА.

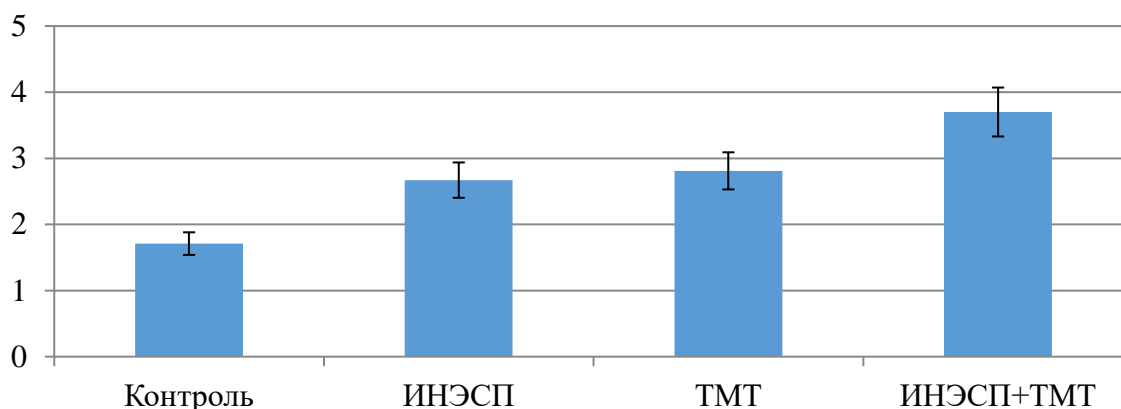


Рисунок 2. Значения ИКЭТ при применении различных схем лечения МС

В принципе, такого рода анализ мог бы стать предтечей персонификации прогноза эффективности лечения, если бы не одно «но»: определение индекса НОМА в условиях обычной поликлиники или стационара далеко не всегда возможно. Однако, напомним, что мы предложили математическую модель косвенной оценки выраженности резистентности к инсулину средствами регрессионного анализа, поэтому мы повторили расчеты с предсказанными значениями индекса НОМА.

Установлено, что применение формулы:

$$\text{НОМА} = -10,3 + 0,18 * \text{ИМТ} + 1,29 * \text{КА} + 0,743 * \text{МДА},$$

позволило получить следующее уменьшение значения $K_{(\text{риск})}$ для пациентов с МС вышеозначенных групп: в процессе лечения при нарастании предсказанного индекса НОМА: с 0,45 до 0,34; с 0,59 до 0,48; с 0,67 до 0,55 и с 0,76 до 0,74. Отчетливо видно достаточно хорошая воспроизводимость расчета гипотетического риска при использовании предсказанных значений индекса НОМА и более высокая эффективность лечения при начальных формах развития заболевания.

Дополнительным доказательством высокого качества уравнения множественной регрессии стало проведение дискриминантного анализа, результаты которого мы представили в графическом виде (рис. 3). О корректности данной модели свидетельствуют низкие значения лямбды Уилкса (0,026) и F-критерия, равного 32,39 ($p < 0,0000001$).

Также подтверждается высокая точность классификации наших пациентов в ходе выполнения дискриминантного анализа (таб. 3). Дополнительно отметим, что ее точность постепенно снижается по мере увеличения резистентности к инсулину, оставаясь при этом высоко достоверной.

Результаты этих исследований позволяют приблизиться к созданию информационной модели оценки риска развития осложнений у пациентов с МС. Не вызывает сомнений, что на эту роль более всего претендует индекс инсулинорезистентности, но для его расчета требуется определять инсулин в крови, что доступно далеко не всегда. В связи с этим мы предлагаем взять уравнение множественной регрессии с тремя независимыми переменными: индексом массы тела, коэффициентом атерогенности и концентрацией малонового диальдегида, поскольку эти параметры достаточно легко могут быть получены практически во всех лечебно-профилактических учреждениях, а предлагаемое уравнение достаточно четко и достоверно позволяет прогнозировать степень выраженности индекса инсулинорезистентности.

Расчет предполагаемого индекса НОМА (в нашем случае - это величина, увеличение которой ассоциируется с возрастанием риска осложнений МС) составил в среднем для здоровых пациентов $2,36 \pm 0,19$. У пациентов с МС по мере нарастания нарушений в различных системах организма эта величина менялась соответственно в 4-х группах $7,12 \pm 0,37$; $8,31 \pm 0,42$; $10,1 \pm 0,54$ и $13,3 \pm 0,77$. Полагаем, что такое существенное различие позволяет не только оценить риски развития осложнений, но и интегрально проанализировать эффективность лечения в плане возможного снижения этого показателя.

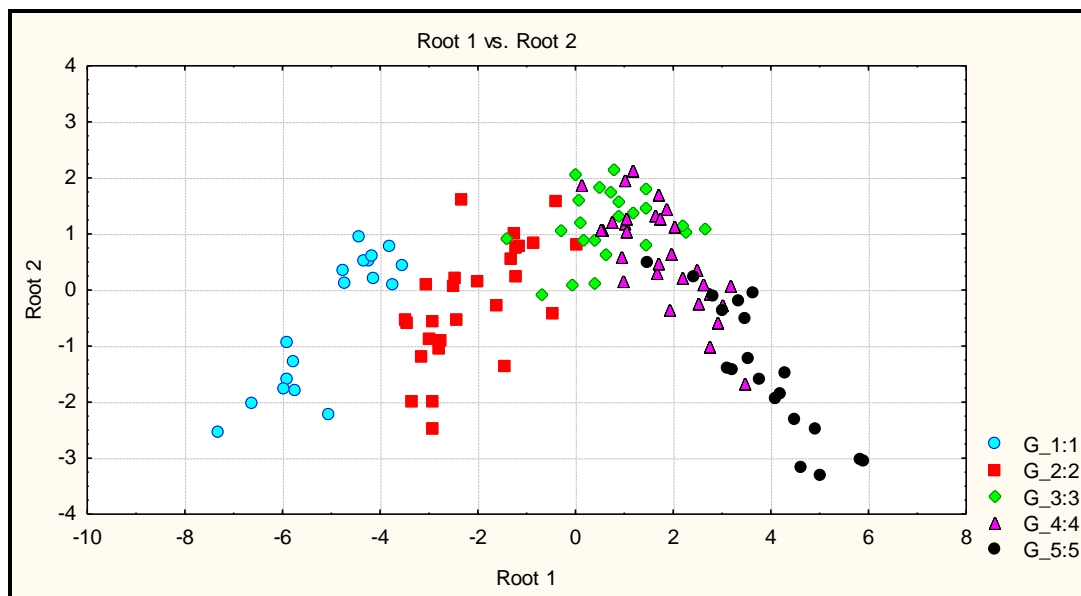


Рисунок 3. Классификация пациентов с метаболическим синдромом

Примечание: G_1:1 – здоровые добровольцы; G_2:2 – пациенты с НОМА <5,0; G_3:3 – пациенты с НОМА 5,1-6,0; G_4:4 – пациенты с НОМА 6,1-7,0; G_5:5 – пациенты с НОМА более 7,0.

Таблица 3. Классификационная матрица по результатам дискриминантного анализа

Группы	Здоровые	Пациенты с метаболическим синдромом			
		НОМА менее 5,0	НОМА 5,1-6,0	НОМА 6,1-7,0	НОМА более 7,0
Здоровые	18	0	0	0	0
НОМА <5,0	0	26	1	0	0
НОМА 5,1-6,0	0	1	21	2	0
НОМА 6,1-7,0	0	0	1	26	4
НОМА >7,0	0	0	0	2	16
Точность классификации	100%	96,3%	91,3%	86,6%	80,0%

В целом, разработанная информационная модель интегральной оценки состояния здоровья у пациентов с МС на основе переменных, характеризующих выраженность висцерального ожирения, атерогенные нарушения липидного профиля крови и усиление процессов ПОЛ, позволит врачу принять взвешенное решение о выборе эффективных методов профилактики и лечения этого заболевания.

Для дальнейшего развития идеи персонализации физиотерапевтического лечения МС был проведен множественный регрессионный анализ динамических изменений патогенетически значимых параметров метаболического синдрома в процессе лечения. Установлено, что наиболее адекватной моделью явилась следующее уравнение множественной регрессии, валидность которого подтверждается высоким значением коэффициента детерминации (R^2), равный 0,73:

$$\text{НОМА} = 23,28 + 0,14 \cdot \text{ИМТ} - 0,1 \cdot \text{КАТ} - 6,6 \cdot \text{LF/HF} - 0,69 \cdot \text{ПМ}$$

Выделенный кластер независимых переменных позволяет с персонифицированных позиций подойти к прогнозу ожидаемой эффективности. В частности, высокая эффективность сочетанного применения физиофакторов будет достигнута с вероятностью не менее 95 % у пациентов с метаболическим синдромом, исходное состояние которых характеризуется значениями индекса массы тела ниже 29 усл. ед., активностью каталазы выше 90 ед. акт., уровнем индекса вегетативного баланса ниже 1,7 усл. ед. и параметром тканевой перфузии (более 14 перф. ед.).

Верификация предложенной модели была проведена стандартным методом с использованием следующих характеристик информативности: чувствительности прогностической модели и ее; специфичности. Дополнительно анализировались точность модели, указывающая на долю правильных результатов, полученных при проведении обследования всех пациентов, участвующих в исследовании; прогностичность положительного результата, определяемая как частота совпадений с правильным прогностическим заключением, и прогностичность отрицательного результата, определяемая как частота совпадений с неправильным прогностическим заключением. Точность модели прогноза высокой эффективности лечения варьировала от 83 до 91%, тогда как точность модели низкой эффективности лечения – от 86 до 97%.

Таким образом, выполненная верификация полученной информационной модели множественной регрессии убедительно доказывает ее адекватность и объективно подтверждает соответствие заданным требованиям к прогнозу эффективности комбинированного применения физиофакторов при лечении пациентов с метаболическим синдромом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы полагаем, что результаты наших исследований дополнили современные представления о механизмах действия преформированных физических факторах, поскольку была проанализирована роль изменений в таких функциональных системах, как инсулиновая регуляция углеводного и липидного и энергетического обмена, система липопероксидации, состояние вегетативной нервной системы, микрогемодинамика. Матричный корреляционный анализ позволил проанализировать особенности формирования патологических систем у пациентов с метаболическим синдромом, что стало основой для применения корректирующих возможностей транскраниальной магнитотерапии и низкочастотного электростатического поля. Регрессионный анализ предикторов эффективности симультанной физиотерапии убедительно доказал целесообразность ее применения при наличии определенных резервных возможностей, тогда как при более тяжелом течении метаболического синдрома эффективность применения исследуемых нами физических факторов снижается. Кроме того, нами предприняты попытки обосновать методы персонифицированного подхода к симультанному физиотерапевтическому лечению пациентов с метаболическим синдромом.

Безусловно, результаты настоящих исследований только приоткрывают основные проблемы информатизации практических врачей в плане выбора адекватных и персонифицированных методов лечения и, возможно, внесут некоторый вклад в теорию и практику восстановительной медицины.

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

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Цуканова, М.Н. Математические модели для выбора рациональных схем лечения и оценки эффективности дистанционной литотрипсии и литокинетической терапии при мочекаменной болезни: автореф. дисс. ... канд. мед. наук: 03.01.09. / Цуканова Маргарита Николаевна. – Курск, 2013. – 23 с.
Tsukanova, M.N. Mathematical models for choosing rational treatment regimens and evaluating the effectiveness of remote lithotripsy and litokinetic therapy in urolithiasis: abstract. diss.... Candidate of Medical Sciences : 03.01.09. / Tsukanova Margarita Nikolaevna. – Kursk, 2013. -23 p. (In Russ)

2. Яковлев, М.Ю. Моделирование метеопатических реакций организма и обоснование их восстановительной коррекции при распространенных болезнях системы кровообращения: дис. ... д-ра мед. наук: 14.03.11; 14.02.01 / Яковлев Максим Юрьевич. — М., 2021. —292 с.
Yakovlev, M.Y. Modeling of meteoropathic reactions of the body and justification of their restorative correction in common diseases of the circulatory system: dis ... Doctor of Medical Sciences: 14.03.11; 14.02.01 / Yakovlev Maxim Yurievich. — M., 2021. -292 p. (In Russ)
3. Куркина Е.С., Кольцова Е.М. Математическое моделирование и прогнозирование распространения эпидемии коронавируса COVID-19. Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности: труды 4-й Международной конференции (4-5 февраля 2021 г., Москва). —М.: ИПМ им. М.В.Келдыша. 2021: 178-192.
Kurkina E.S., Koltsova E.M. Mathematical modeling and forecasting of the spread of the COVID-19 coronavirus epidemic. Designing the future. Problems of digital reality: proceedings of the 4th International Conference (February 4-5, 2021, Moscow). —Moscow: M.V.Keldysh IPM. 2021: 178-192. (In Russ)
4. Мустафаева А.Г. Возможности прогнозирования развития метаболического синдрома у пациентов различных возрастных групп. Вестник новых медицинских технологий. Электронный журнал. 2018; 5: 121-128.
Mustafaeva A.G. Possibilities of predicting the development of metabolic syndrome in patients of various age groups. Bulletin of New medical Technologies. Electronic Journal. 2018; 5: 121-128. (In Russ)
5. Курбанова Н.Г., Мустафаева А.Г. Прогнозирование осложнений при метаболическом синдроме. Актуальные проблемы современного образования. 2022; 2: 28-36.
Kurbanova N.G., Mustafayeva A.G. Predicting complications in metabolic syndrome // Actual problems of modern education. 2022; 2: 28-36. (In Russ)
6. Мухамеджанов Э.К., Мизин В.И., Михайлов А.А. Метаболический синдром - патогенез, перспективы профилактики, лечения и реабилитации. Вестник физиотерапии и курортологии. 2020; 4: 71-74.
Mukhamedzhanov E.K., Mizin V.I., Mikhailov A.A. Metabolic syndrome - pathogenesis, prospects of prevention, treatment and rehabilitation. Bulletin of Physiotherapy and Balneology. 2020; 4: 71-74. (In Russ)
7. Агарков Н.М., Титов А.А., Корнеева С.И., Коломиец В.И., Аксёнов В.В., Колпина Л.В. Метаболический синдром как актуальная проблема здравоохранения (аналитический обзор). Здравоохранение Российской Федерации. 2023; 2: 136-41.
Agarkov N.M., Titov A.A., Korneeva S.I., Kolomiets V.I., Aksenov V.V., Kulpina L.V. Metabolic syndrome as an actual problem of healthcare (analytical review). Healthcare of the Russian Federation. 2023; 2: 136-41. (In Russ)
8. Лебедева О.Д., Бокова И.А. Немедикаментозная реабилитация больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями под контролем современных методов функциональной диагностики. Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2021; 1: 40-47.
Lebedeva O.D., Bokova I.A. Non-drug rehabilitation of patients with cardiovascular diseases under the control of modern methods of functional diagnostics. Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2021; 1:40-47. (In Russ)
9. Беньков А.А., Нагорнев С.Н., Фролков В.К. Оценка неспецифических механизмов эффективности курсового сочетанного применения низкочастотного электростатического поля и транскраниальной магнитотерапии у пациентов с метаболическим синдромом. Курортная медицина. 2022; 2: 12–23.
Benkov A.A., Nagornev S.N., Frolkov V.K. Evaluation of nonspecific mechanisms of effectiveness of course combined use of low-frequency electrostatic field and transcranial magnetic therapy in patients with metabolic syndrome. Resort Medicine. 2022; 2: 12-23. (In Russ)
10. Беньков А.А., Нагорнев С.Н., Фролков В.К. Эффективность сочетанного применения транскраниальной магнитотерапии и импульсного низкочастотного электростатического поля в коррекции нарушений углеводного и липидного видов обмена. Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2022; 1: 63-74. (In Russ)
Benkov A.A., Nagornev S.N., Frolkov V.K. The effectiveness of the combined use of transcranial magnetotherapy and a pulsed low-frequency electrostatic field in the correction of disorders of carbohydrate and lipid metabolism. Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2022; 1:63-74.
11. Груздев А.В. Прогнозное моделирование в IBM SPSS Statistics, R и Phytон: метод деревьев решений и случайный лес. — М: ДМК Пресс. 2018.
Gruzdev, A.V. Predictive modeling in IBM SPSS Statistics, R and Phytон: the method of decision trees and random forest / A.V. Gruzdev. — Moscow: DMK Press, 2018. (In Russ)

A MATHEMATICAL MODEL FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE COMBINED USE OF THERAPEUTIC PHYSICAL FACTORS IN PATIENTS WITH METABOLIC SYNDROME

Benkov A.A.¹, Nagornev S.N.²

¹Limited Liability Company "Med TeKo", Moscow, Russia

²FGBU DPO "Central State Medical Academy" UPD of Russia, Moscow, Russia

ABSTRACT. The article deals with the application of mathematical modeling to assess the prognosis of the unfavorable development of metabolic syndrome and to assess the effectiveness of the use of physiotherapeutic factors (transcranial magnetotherapy and pulsed low-frequency electrostatic field). It is proved that such an approach can be based on the analysis of dynamic changes in the insulin resistance index, regardless of the treatment method, in relation to the state of various functional systems of the patient's body. It is shown that the effectiveness of treatment is inversely proportional to the severity of the disease. A regression model has been developed that makes it possible to personalize the physiotherapy treatment of patients with metabolic syndrome.

Keywords: pulsed low-frequency electrostatic field, metabolic syndrome, mathematical model, combined use of physiotherapeutic factors, transcranial magnetotherapy, treatment efficiency, prognosis of disease development.

Сведения об авторах

Беньков Андрей Александрович, руководитель научно-организационного отдела ООО «Мед ТеКо», г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-4074-7208>

Нагорнев Сергей Николаевич, д.м.н., профессор, профессор кафедры восстановительной медицины и медицинской реабилитации с курсами педиатрии, сестринского дела, клинической психологии и педагогики ФГБУ ДПО «ЦГМА»; E-mail: drnag@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1190-1440>

ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛЯРА

Гигинеишвили Георгий Ревазович



Исполнилось 80 лет видному учёному, доктору медицинских наук, профессору Гигинеишвили Георгию Ревазовичу.

Георгий Ревазович родился 26 апреля 1943 года в семье врачей. В 1967 году окончил Тбилисский государственный медицинский университет, с 1968 г. работал ординатором в НИИ Терапии Минздрава Грузии, проходя подготовку в целевой ординатуре он занимался новыми для того времени проблемами медицинской генетики и онкологии под руководством известных советских учёных Парнес В.А., Рапопорта И.А., Блохина Н.Н. и других.

С 1970 гг. Георгий Ревазович работал в терапевтическом отделении Центрального научно-исследовательского института курортологии и физиотерапии сначала клиническим ординатором, а затем научным сотрудником.

С 1975 года – старший научный сотрудник отделения лечебной физкультуры и спортивной медицины. В этот период времени Георгий Ревазович работал над проблемой влияния физических факторов на нейрогуморальные показатели в реабилитации больных с ишемической болезнью сердца и в 1976 году защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата медицинских наук. В дальнейшем он продолжил работу в этом направлении и расширил исследования о восстановлении у спортсменов высокой классификации, артистов балета, а также у пациентов, подвергшихся физическим и психоэмоциональным перегрузкам.

В 1990 гг. защитил диссертацию на соискание учёной степени доктора медицинских наук на тему: «Восстановление работоспособности и коррекция иммунных нарушений физическими факторами у спортсменов», материалы которой получили всемирную известность и стали основой для активного международного сотрудничества, в первую очередь с университетами Италии.

Георгий Ревазович активно участвовал в общественной жизни института, нашей страны и в работе международных организаций. В институте он руководил Советом молодых ученых и работа Совета молодых ученых была отмечена премией Ленинского Комсомола.

С 1968 года был членом правления международной ассоциации врачей, а с 1988 года участвовал во всемирных Конгрессах Монреаля и Хиросимы «Врачи мира в борьбе за предотвращение ядерной войны» в качестве представителя конфедерации Международного общества Милосердия.

В 1992 году, будучи одним из организаторов учредительного конгресса европейской конфедерации общества Милосердия, и в составе учредителей был приглашён на аудиенцию к святейшему папе Римскому Иоанну Павлу II.

Он является координатором международной организации «Панатлон» в России и странах СНГ, а также Вице-президентом Всероссийской Ассоциации дружбы, культурных и деловых связей с Грузией.

Будучи человеком творческим, занимается живописью, участвовал в международных выставках.

С 1994 года избран членом международной федерации художников при ЮНЕСКО.

Благодаря его коммуникабельности, активности, любознательности, открытости и традиционному гостеприимству эти первые международные контакты вылились в тесное сотрудничество и открытие нового направления реабилитации для пациентов с неврологической и кардиологической патологией «Арт-терапия». С 2010 года он и его ученики активно развивают данное направление.

Георгий Ревазович автор более 100 научных работ, изданных в нашей стране и за рубежом, результаты его работ внедрены в практику и широко используются при подготовке российских спортсменов к зимним и летним Олимпийским играм.

В настоящее время со своими учениками он продолжает развивать «Арт-терапию» в реабилитации больных с сосудистыми заболеваниями.

ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛЯРА

Саморуков Алексей Егорович



Алексей Егорович Саморуков родился 13 марта 1948 года в деревне Тяпкино Сараевского района Рязанской области в крестьянской семье. Отец вернулся с фронта с тяжелыми ранениями, мать работала медсестрой в районной больнице, что послужило в дальнейшем основанием в выборе врачебной профессии. Поступил на педиатрический факультет 2-го Московского ордена Ленина Государственного медицинского института, где проявил интерес сначала к оперативной хирургии, а в дальнейшем к психиатрии и неврологии. После окончания института поступил в клиническую ординатуру на кафедре детской неврологии, которой руководил академик Левон Оганесович Бадалян.

В дальнейшем был приглашен в аспирантуру по общей неврологии. Защитил кандидатскую диссертацию по исследованию нарушений липидного обмена при наследственных заболеваниях у больных с подкорковыми дегенерациями. После успешной защиты был приглашен работать в отделение неврологии Института курортологии и физиотерапии, которым руководила профессор Надежда Ивановна Стрелкова. Познакомившись с новыми для себя возможностями лечения больных природными факторами навсегда влюбился в это направление медицины. В дальнейшем в 1982 году по инициативе профессора Стрелковой Н.И. прошел курс мануальной терапии на кафедре проф. Гойденко В.С. и занимался изучением ее возможностей в физической терапии.

Изучение влияния мануальной терапии у больных с заболеваниями сердечно-сосудистой системы открыло новые возможности в применении методов мануальной терапии у больных с начальными проявлениями недостаточности мозгового кровообращения и в восстановительный период после перенесенного инфаркта миокарда.

Им было разработано направление применения мануальной терапии в санаторно-курортном лечении в комплексе с другими лечебными физическими факторами. В дальнейшем был проведен цикл работ совместно с клиническими отделениями физиотерапии, гинекологии, пульмонологии, эндокринологии, сердечно-сосудистых заболеваний по изучению технологий применения мануальной терапии при сомато-висцеральных дисфункциях. Показано позитивное влияние устранения функциональных вертеброгенных нарушений на функцию висцеральных органов. Проведены исследования по изучению эффективности мануальной терапии у больных с хроническими заболеваниями органов малого таза и бронхолегочной системы при ХОБЛ и бронхиальной астме. Получены положительные результаты в лечении хронического сальпингоофорита, что связано с уменьшением застойных явлений в органах малого таза, улучшении перистальтики маточных труб и состояния матки. Исследования показали, что улучшение дренажной функции полых органов за счет устранения сегментарных дисфункций позвоночника может широко использоваться в санаторно-курортных и лечебно-профилактических учреждениях, так как мануальная коррекция функциональных нарушений значительно улучшает течение хронических заболеваний внутренних органов. В группе пациентов с заболеваниями эндокринной системы были больные с сахарным диабетом, диабетической ангиопатией сосудов нижних конечностей с характерными жалобами с субкомпенсированной гипергликемией. Было показано, что устранение функциональных нарушений в пояснично-крестцовом отделе значительно улучшает кровоснабжение в нижних конечностях в целом и улучшает микроциркуляцию в частности до 40% от исходного уровня. Проведен цикл работ по реабилитации больных после операций на позвоночнике, реконструктивных операций на суставах, после операций на щитовидной железе. Совместно с Индустриальным институтом велись научные изыскания по разработке роботного массажа. Материалы разработок были использованы в создании программы и опытной модели, которые получили медаль ВДНХ и Серебряную медаль на научно-

технической выставке в С-Петербурге. По результатам научных исследований были защищены 4 кандидатских и одна докторская диссертация. Алексей Егорович является автором 200 научных публикаций и патентов на изобретение.

Профессор Саморуков А.Е активно участвовал в развитии мануальной терапии в нашей стране, возглавляя Московское профессиональное объединение до 2005 года, в дальнейшем был избран президентом Российской Ассоциации мануальной медицины. Им организована работа по созданию краткого словаря терминов и понятий для врачей мануальной медицины, а затем и полного словаря терминов и понятий в мануальной медицине, была организована регистрация членов Российской Ассоциации мануальных терапевтов, инициировано создание региональных объединений врачей мануальных терапевтов в Воронеже, Самаре, Костроме, реорганизована Казанская Ассоциация, создана Межрегиональная Ассоциация общественных объединений врачей мануальной медицины, объединены Черноморская межрегиональная ассоциация мануальных терапевтов, Владивостокская ассоциация мануальных терапевтов, Московское профессиональное объединение мануальных терапевтов, Петербургская Ассоциация, учрежден конкурс «Золотой позвонок», в целях которого был заказан гимн конкурса «Золотой позвонок» композитору Елене Дединской, разработан наградной знак для победителя конкурса совместно со скульпторами Валерием и Натальей Никифоровыми, «За вклад в развитие мануальной терапии», которым отмечен вклад основоположников мануальной терапии в нашей стране: Карла Левита, проф. В.С. Гойденко, проф. А.Т. Неборского, проф. Л.Ф. Васильевой, проф. О.С. Мерзенюка, проф. А.Е. Саморукова. Отмечена работа редакционной коллегии журнала «Мануальная терапия», созданы сайты Московской и Российской Ассоциации мануальных терапевтов, разработан порядок награждения за вклад в развитие мануальной терапии для конкурса «Золотой позвонок», создано руководство для врачей мануальных терапевтов «Мануальная терапия в лечении соматовисцеральных дисфункций», организовано создание оценочной базы для аккредитации врачей мануальных терапевтов с привлечением актива Ассоциации.

А.Е. Саморуков принимал активное участие в создании и обсуждении и профессионального стандарта по мануальной терапии, который был представлен в Минздрав России. Он активно занимался подготовкой специалистов по мануальной терапии в ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, РУДН, Сеченовский университет.

За вклад в развитие мануальной терапии Саморуков А.Е был награжден почетной грамотой Минздрава России.

*Редакционная коллегия поздравляет юбиляров,
желает здоровья и творческого долголетия!*

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



Издательство:

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

Адрес редакции:

121099, Москва, Новый Арбат, 32
BerezkinaES@nmicrk.ru
8-499-277-01-05 доб.1065

Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine

Российский журнал экологической и восстановительной медицины

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

[Журнал основан в 2012 году]