

УДК 611.2

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕМЕДИКАМЕНТОЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СПОРТЕ

В.И. Леонов*, А.А. Хадартцев*, М.А. Варфоломеев**, Н.А. Фудин***, В.А. Хадартцев*,
О.А. Митюшкина*

*Тулский государственный университет, тел. +7 (4872) 33-22-09

**НПП «Альфа-Прибор» (г. Тула)

***НИИ нормальной физиологии РАМН им. П.К. Анохина (Москва)

Аннотация. Разработаны методы тренировки дыхательной мускулатуры аппаратными способами, применением лазерофореза и миостимуляции, а также индуцированного электромагнитным излучением сна в комплексе реабилитационно-восстановительных мероприятий и в тренировочном процессе у спортсменов. Проведены экспериментальные исследования, которые выявили ранее неизвестный биологический эффект, характеризующийся формированием сна при воздействии на подопытное животное нетеплового электромагнитного излучения крайне высокой частоты, модулированного низкочастотным сигналом с частотой Δ -ритма. Показана значимость коэффициента активности синтаксических программ адаптации в оценке состояния механизмов адаптации.

Ключевые слова: дыхательная мускулатура, лазерофорез, миостимуляция, электромагнитное излучение.

PROSPECTS FOR THE USE OF DRUG-FREE TECHNOLOGIES IN SPORTS

V.I. LEONOV*, A.A. KHADARTSEV*, M.A. VARFOLOMEEV**, N.A. FUDIN***, V.A. KHADARTSEV,
O.A. MITYUSHKINA*

* Tula State University, tel. +7 (4872) 33-22-09

** Alpha-Ptibor (Research and Production Enterprise) (Tula)

*** P.K. Anokhin Science Research Institute of Normal Physiology (Moscow)

Abstract. Methods of hardware-controlled respiratory muscle training have been developed, which include the use of lazeroforez and myostimulation, as well as the use of sleep induced by electromagnetic radiation in the set of rehabilitation and recovery activities and during the athletes training. Experimental studies have been performed, which revealed a previously unknown biological effect characterized by thetest animals sleep when exposed to extremely high frequency nonthermal electromagnetic radiation modulated by a low frequency signal with the rhythm frequency. The study showed the significance of the activity ratio of syntactic adaptation programmess in the assessment of adaptation mechanisms.

Key words: respiratory muscles, lazeroforez, myostimulation, electromagnetic radiation.

Введение. Использование технологий немедикаментозной коррекции деятельности функциональных систем организма связано с необходимостью антидопинговых мероприятий у спортсменов в тренировочном, предсоревновательном, соревновательном и восстановительном периодах. Эти технологии применимы и для повседневных занятий физкультурой, как оздоравливающие мероприятия [1, 2].

Применение *тренировки дыхательной мускулатуры* (ТДМ) в спорте осуществляется на основании значимой роли системы дыхания в физической подготовке, необходимости многофакторного воздействия на локомоторный аппарат. В практике ТДМ используются такие механотренажерные технологии, как:

- ТДМ на тренажерах с сопротивлением дыханию на вдохе и/или выдохе:
 - с эластическим сопротивлением воздухопотоку;
 - с резистивным сопротивлением воздухопотоку (постоянным);
 - с пиковым сопротивлением воздухопотоку;
- *наружное аппаратное компрессионное воздействие* (НАКВ) на грудную клетку;
- *вибрационно-импульсное аппаратное воздействие* на грудную клетку;
- *компрессионное аппаратное воздействие* на конечности (лимфодренаж, увеличение венозного возврата);
- *вспомогательная искусственная вентиляция легких*, как механотренажерная технология;
- *сочетанная ТДМ*.

Создание дополнительной нагрузки на дыхательную мускулатуру увеличивает исходную длину мышечных волокон и развитие большого усилия, т.е. дозированную гиперфункцию. Увеличение активности нейронов вдоха дыхательного центра стимулирует мышцу вдоха – диафрагму и межреберные мышцы. Раздражение механорецепторов под действием перепада давлений – активизирует дыхательную мускулатуру [5].

Эластическое и резистивное сопротивление воздухопотоку в дыхательных путях на вдохе и выдохе ведут к значительному утомлению дыхательной мускулатуры. *Дыхательные тренажеры* (ДТ) с водяным затво-

ром (тренажеры «Боркал», Фролова), обеспечивающие барботаж воздуха с уменьшением сопротивления дыханию, являются переходным вариантом от ДТ с резистивным сопротивлением дыханию – к ДТ с пиковым сопротивлением вдоху и выдоху. ДТ с пиковым сопротивлением дыханию сочетают импульсное нагружение и работу дыхательной мускулатуры без нагрузки в каждой фазе вдоха и выдоха, обеспечивают возможность плавной регулировки уровней нагружения отдельно для вдоха и выдоха и оценивается по величине внутриплеврального давления.

Метод *вспомогательной искусственной вентиляции легких* (ВИВЛ) состоит в том, что больному с помощью аппарата для искусственной вентиляции легких нагнетается под положительным давлением в фазу вдоха обогащенная кислородом (до 40-60 % по объему) воздушная смесь. Выдох осуществляется против слабopоложительного давления в дыхательном контуре аппарата. Возникающее на вдохе при ВИВЛ возрастание транспульмонального градиента давления способствует более равномерной вентиляции, увеличению ее объема и сокращению зон ателектаза. Улучшается кровоток в прежде плохо вентилируемых областях, восстанавливаются вентиляционно-перфузионные соотношения. Сопутствующее ВИВЛ обогащение дыхательной смеси кислородом – так называемая «малая кислородотерапия» – позволяет поднять напряжение кислорода в крови, уменьшить явления гипоксии.

ВИВЛ – это *способ тренажерного воздействия через ритмическое раздражение механорецепторов на дыхательный центр, формирование в нём новых коррелятивных связей, оптимизирующих механическую активность системы вентиляции*. Он может использоваться в восстановительном периоде после соревнований, а также в комплексе предсоревновательных тренировок.

Пневмокомпрессия периферических вен с увеличением венозного возврата к сердцу осуществляется при помощи манжеты типа «противоперегрузочного костюма». Воздействуя на механорецепторы, в процессе тренировки можно оказывать опосредованное влияние на вегетативные функции с оптимизацией деятельности внутренних органов. Установлено, что при наличии фазы положительного давления на вдохе в 1/2 дыхательного цикла – уменьшается ударный объем, а при 1/3 – это действие не проявляется.

Метод НАКВ на грудную клетку состоит в синхронизированном по фазе выдоха сдавливании грудно-брюшной области пневматической манжетой, способствующем выполнению более глубокого выдоха. Практика апробации метода обнаружила большую эффективность ежедневных процедур НАКВ. Применительно к таким аппаратам можно сформулировать следующие требования: должна быть реализована гибкая схема управления силой и интенсивностью воздействия, возможность варьирования формы и площади области воздействия; наличие достаточного количества активаторов для равномерного покрытия всей массируемой области.

Понятие о *синтоксических программах адаптации* (СПА) и *кататоксических программах адаптации* (КПА) позволяет оценить системные механизмы медиаторного и вегетативного обеспечения функций. Эти программы показывают, что со сменой на организменном уровне вегетативного баланса, нейродинамическая перестройка охватывает весь комплекс иерархически организованной адаптивной системы поведения и вегетативного обеспечения функций. Эти изменения возникли в ходе эволюционного приспособления организмов к действию раздражителей, и проявляются в трех фазах переходного процесса [10].

Установленный эффект переноса низкоинтенсивным *электромагнитным излучением крайне высокочастотного диапазона* (ЭМИ КВЧ) собственного интегративного электромагнитного поля с одного организма на другой [3, 4] позволяет создать принципиально новые технологии немедикаментозного воздействия и коррекции физиологического состояния организма человека на основе выявленного эффекта пространственной модуляции в окрестностях биологически активных точек низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ. Необходимы эксперименты, направленные на поиск новых возможностей бесконтактного воздействия на живой организм.

Эффект электросна давно известен и широко используется в медицине. На определенные области головы пациента накладываются проводниковые контакты, на которые подается электрический ток с частотой, соответствующей Δ -ритму головного мозга; для теплокровных животных эта частота $f_{\Delta} \approx 3.5$ Гц. Вызываемый таким электровоздействием глубокий сон используется в клинике и диагностике разных заболеваний.

Была поставлена задача экспериментально проверить возможность эффекта индукции сна при бесконтактном воздействии на биообъект ЭМИ КВЧ с частотой модуляции $\Omega_{\text{мод}} = f_{\Delta}$. Доказательство эффекта КВЧ, кроме решения задач лечения и диагностики, позволит создать научную базу и для дальнейшего совершенствования лучевых методов воздействия на человека.

Цель работы. Разработка методов тренировки дыхательной мускулатуры аппаратными способами, применением лазерофореза и миостимуляции, а также индуцированного электромагнитным излучением сна в комплексе реабилитационно-восстановительных мероприятий и в тренировочном процессе у спортсменов.

Объект и методы исследования. В работе использован реализованный ДТ способ ТДМ, защищенный патентом РФ № 1711820, а конструктивная схема тренажера – патентом РФ № 1673050.

Для НАКВ использовали аппаратно-программный комплекс (регистрационное удостоверение № ФСР 2011/10394 от 31.03.2011), который содержит стойку, в которой размещены магистраль подготовки воздуха высокого давления с компрессором, панель управления и индикации, соединенная линиями связи с устрой-

ством управления, съемный пневмовибратор для выполнения *вибрационно-импульсного массажа* (ВИМ) грудной клетки, выполненный с возможностью воспроизведения высоко-, средне- и низкочастотных воздействий. В комплекс введены компрессионный пояс с пневмокамерами и комплектом эластичных ремней, маска с закрепленным на ней датчиком потока, а также детектор вдоха-выдоха и модуль синхронизации подачи воздуха в пневмокамеры с дыханием пациента. Эффективность ВИМ грудной клетки обеспечивается широким диапазоном частот воздействия. Моделируя низкочастотные удары, вибратор не исключает и более высокочастотные режимы работы.

Разработаны показания и противопоказания к применению предложенных методов, соответствующие технические устройства, порядок, частота и время ТДМ, а также очередность использования методик, что в совокупности и составило технологию ТДМ.

ВИВЛ осуществлялась на объемном респираторе РО-2, пневмокомпрессия нижних конечностей – летным противоперегрузочным костюмом, синхронизированным с респиратором.

У 82 спортсменов I и II разрядов по легкой атлетике (бег) проведена сочетанная предсоревновательная ТДМ. Тренировка осуществлялась в течение 1,5 недель на ДТ, НАКВ, ВИМ, ВИВЛ с пневмокомпрессией нижних конечностей.

Экспериментальная часть исследования осуществлена на половозрелых крысах Вистар в весенне-летние месяцы в год неактивного Солнца, что исключало влияние геофизических факторов, к которым млекопитающие чувствительны.

Применяли ЭМИ КВЧ с несущей частотой $f_n=37$ ГГц, поверхностной плотностью потока энергии, приведенной к поверхности биообъекта, $P<0.3$ мВт/см², частотой модуляции $\Omega_{\text{мод}}=3.5$ Гц, что соответствует Δ -ритму головного мозга во время глубокого сна.

Для эксперимента были отобраны наиболее активные животные; все серии экспериментов выполняли с 8:00 до 13:00 ч; утром животных не кормили. Тем самым исключался вариант естественного физиологического сна. Более того, во время эксперимента в помещении не соблюдалась тишина, на крыс постоянно воздействовали естественные раздражители: яркий свет и громкие звуки. Это способствовало поддержанию у животных активного поведения в исходном фоне и в контрольной группе.

Непосредственно перед каждой серией эксперимента поведение крыс оценивали в исходном фоне – без облучения.

На I этапе эксперимента изучали влияние на поведение крыс немодулированного ЭМИ КВЧ, продолжительность облучения составляла не менее 2 ч. На II этапе подопытную крысу подвергали воздействию ЭМИ КВЧ с $\Omega_{\text{мод}}=15$ Гц (намного выше частоты Δ -ритма, но несколько меньше частоты β -ритма: $f_\beta=18,75$ Гц). Контрольную крысу на время эксперимента помещали в рабочую камеру, идентичную используемой для облучаемой крысы.

Проведены экспериментальные исследования на 86 крысах весом 180–200 грамм, которым вводили внутривенно янтарную кислоту в 1 % растворе – 2 мл, 2 раза в день в течение 1 недели. В крови, взятой из хвостовой вены, изучен ряд показателей активности ферментов и содержание метаболитов [9]. Был рассчитан *коэффициент активности синтаксических программ адаптации* (КАСПА):

$$КАСПА = \frac{C_{cm} + A_{AT-III} + A_{AOA} + C_{CD8+}}{C_{Ad} + C_{\alpha_2-MG} + C_{MDA} + C_{CD4+}}$$

где C_{CT} – концентрация серотонина в крови (%); A_{AT-III} – активность антитромбина III (%); A_{AOA} – общая антиокислительная активность плазмы; C_{CD8+} – концентрация Т-супрессоров (%); C_{Ad} – концентрация адреналина крови (%); C_{α_2-MG} – концентрация α_2 -макроглобулина (%); C_{MDA} – концентрация малонового диальдегида (%); C_{CD4+} – концентрация Т-хелперов (%).

Были исследованы также спектры аутофлуоресценции кожных покровов неинвазивным методом *ультрафиолетовой биоспектрофотометрии аутофлуоресценции кожи*. Параметр « ξ » (отношение интенсивности флуоресценции на длине волны 530 нм к интенсивности свечения на длине волны 455 нм) измерялся на ногтевой фаланге 3 пальца кисти у 92 спортсменов в соревновательный период (основная группа) и у 23 здоровых лиц при отсутствии стрессорных воздействий (контрольная группа).

Результаты и их обсуждение. При использовании ДТ, НАКВ, ВИМ, ВИВЛ с пневмокомпрессией нижних конечностей получен достоверный прирост показателей макро- и микрогемодинамики (подтвержденных реовазографически и лазерной доплеровской флоуметрией), функции внешнего дыхания (спирографически), насыщения периферической крови кислородом – по сравнению с контрольной группой из 47 спортсменов. Участие спортсменов в последующих соревнованиях показало достоверный прирост показателей педагогического, биомеханического, медико-биологического, биохимического и психологического контроля, что позволяет рекомендовать технологию ТДМ к широкому использованию в подготовке спортсменов.

Поведение крыс, облучаемых немодулированным ЭМИ КВЧ, не отличалось от их поведения в исходном фоне. У всех животных отмечалось активное, а в ряде случаев и агрессивное поведение. При выполнении II этапа эксперимента подопытное животное успокаивалось, активное поведение сменялось пассивным в течение

25-30 мин от начала облучения, далее следовал глубокий сон (крыса не реагировала на сильные световые и звуковые раздражители). Продолжительность сна соответствовала времени воздействия модулированного частотой Δ -ритма ЭМИ КВЧ, максимальная длительность сна составила 5 ч.

По истечении 1 и 2 ч после засыпания крысы ЭМИ КВЧ выключали, а также переключали генератор низкой частоты с частоты Δ -ритма на частоту β -ритма. Это приводило к быстрому пробуждению животных. Повторное включение ЭМИ КВЧ, а также возврат частоты модуляции к Δ -ритму вновь провоцировали глубокий сон. После завершения серии эксперимента все подопытные крысы просыпались, а их поведение не отличалось от такового в исходном фоне. Дальнейшие наблюдения за экспериментальными крысами не выявило заметных изменений в их поведении.

Анализ результатов следующего эксперимента показал, что после введения янтарной кислоты активируются антиокислительные и противосвертывающие системы крови, доминируют холинреактивные механизмы. Увеличение КАСПА подтверждало факт преобладания синтоксических эффектов янтарной кислоты. Механизм такого эффекта объясняется включением экзогенной янтарной кислоты – не имеющей киральности, соответствующей полностью эндогенному сукцинату – в цикл Кребса. По принципу обратной связи происходит стимуляция выработки ГАМК, косвенно тормозящей метаболизм, так как ГАМК является *эндогенным адаптогеном* синтоксической направленности. Восстановление янтарной кислоты пула пиридиновых нуклеотидов обеспечивает также активацию антиоксидантной функции глутатиона. Наличие *антиоксидантного эффекта* является признаком, позволяющим отнести янтарную кислоту к *синтоксинам* [6 - 8].

Были исследованы также спектры аутофлуоресценции кожных покровов спортсменов неинвазивным методом *ультрафиолетовой биоспектрофотометрии*. Параметр « ξ » (отношение интенсивности флуоресценции на длине волны 530 нм к интенсивности свечения на длине волны 455 нм) измерялся на ногтевой фаланге 3 пальца кисти у 47 спортсменов в соревновательный период (основная группа) и у 23 здоровых лиц при отсутствии стрессорных воздействий (контрольная группа). Снижение показателя « ξ » свидетельствовало о значительном влиянии *лазерофореза* с янтарной кислотой на биологическое окисление и о значимости спектрофотометрического метода для косвенной оценки биоокисления в тканях. Эти данные позволяют также сделать вывод о нарушении процессов биоокисления у спортсменов при стрессорных нагрузках в соревновательном периоде и о возможности коррекции их использованным способом.

Прослежены изменения спектра флуоресценции эритроцитов-дискоцитов в соревновательный период у 47 легкоатлетов. Показано достоверное увеличение интенсивности и спектра свечения дискоцитов после бега. Колебания свечения стоматоцитов, эхиноцитов, пойкилоцитов и шизоцитов были недостоверными.

Достоверная динамика изученных параллельно показателей *лазерной доплеровской флоуметрии* (ЛДФ) до и после коррекции программ адаптации янтарной кислотой является фактором, подтверждающим значимость изменений микроциркуляции крови, как основы патогенеза различных патологических состояний и также свидетельствует о коррекции программ адаптации по синтоксическому типу.

Достоверное уменьшение спектра свечения и интенсивности дискоцитов после лазерофореза янтарной кислоты свидетельствуют о регулирующем ее воздействии на процессы тканевого окисления. Интенсивность свечения и спектр эхиноцитов, стоматоцитов, пойкилоцитов и шизоцитов меняется недостоверно и не может использоваться при анализе эффективности янтарной кислоты.

Снижение показателя « ξ » свидетельствует о значительном влиянии *лазерофореза* с янтарной кислотой на биологическое окисление и о значимости спектрофотометрического метода для косвенной оценки биоокисления в тканях. Эти данные позволяют также сделать вывод о нарушении процессов биоокисления у спортсменов при стрессорных нагрузках в соревновательном периоде и о возможности коррекции их использованным способом.

Достоверная динамика показателей *лазерной доплеровской флоуметрии* после коррекции программ адаптации янтарной кислотой является фактором, подтверждающим значимость изменений микроциркуляции крови, как основы патологических состояний и также свидетельствует о коррекции программ адаптации по синтоксическому типу.

Заключение. Проведенное экспериментальное исследование позволило выявить ранее неизвестный биологический эффект, характеризующийся формированием сна при воздействии на подопытное животное нетеплового ЭМИ КВЧ, модулированного низкочастотным сигналом с частотой Δ -ритма. Полученные результаты подтверждают наличие механизма резонансного взаимодействия электромагнитного поля с живым веществом и являются экспериментальным обоснованием практического использования КВЧ. Реальна возможность создания технических устройств, обеспечивающих программируемое и контролируемое погружение в физиологический сон спортсменов, нуждающихся в отдыхе при напряженном графике спортивных состязаний и тренировок.

Доказана значимость интегрального показателя КАСПА, ультрафиолетовой биоспектрофотометрии, ЛДФ – в оценке состояния механизмов адаптации. Этими же методами установлена эффективность лазерофореза янтарной кислоты в нормализации процессов тканевого окисления.

Доказана значимость интегрального показателя КАСПА, ультрафиолетовой биоспектрофотометрии, ЛДФ – в оценке состояния механизмов адаптации. Этими же методами установлена эффективность лазерофореза янтарной кислоты в нормализации процессов тканевого окисления.

Литература

1. *Фудин, Н.А.* Медико-биологическое обеспечение физической культуры и спорта высших достижений / Н.А. Фудин, А.А. Хадарцев // Вестник новых медицинских технологий.– 2010.– № 1.– С. 149–150.
2. *Хадарцев, А.А.* Физиологические основы визуального восприятия при подготовке спортсменов с позиций синергетики / А.А. Хадарцев, Н.А. Фудин, И.Ю. Радчич // Вестник новых медицинских технологий.– 2012.– № 2.– С. 17–20.
3. *Варфоломеев, М.А.* Устройство для осуществления технологии механотерапии в пульмонологии / М.А. Варфоломеев, В.М. Лысый, В.П. Моисеев, А.А. Хадарцев, В.А. Хадарцев // Вестник новых медицинских технологий.– 2008.– № 4.– С. 228–230.
4. *Хадарцев, А.А.* Избранные технологии не медикаментозного воздействия в реабилитационно-восстановительной и спортивной медицине / А.А. Хадарцев.- Под ред. Н.А. Фудина.- Тула: ООО РИФ «Инфра», 2009.- 398 с.
5. *Хадарцев, В.А.* Способ тренировки дыхательной мускулатуры в системе реабилитации / В.А. Хадарцев, М.А. Варфоломеев, М.С. Троицкий, А.А. Хадарцев // Терапевт.– 2011.– № 8.– С. 38–42.
6. *Морозов, В.Н.* Роль синтоксических и кататоксических программ адаптации в патогенезе местной холодовой травмы (отморожении) / В.Н. Морозов, А.А. Хадарцев, А.В. Хапкина // Вестник новых медицинских технологий.– Тула, 2001.– Т. VIII, № 1.– С. 27–30.
7. *Карасева, Ю.В.* Оценка системных механизмов адаптации при нанесении криотравмы по коэффициенту активности синтоксических программ адаптации / Ю.В. Карасева, В.Н. Морозов, А.А. Хадарцев, А.В. Хапкина // Вестник новых медицинских технологий.– Тула, 2001.– Т. VIII, № 2.– С. 39–44.
8. *Морозов, В.Н.* К современной трактовке механизмов стресса / В.Н. Морозов, А.А. Хадарцев // Вестник новых медицинских технологий.– 2010.– № 1.– С. 15–17.
9. *Дедов, В.И.* Динамика биохимических показателей крови при проведении оздоровительно-реабилитационных мероприятий / В.И. Дедов, В.Г. Слесарев, Н.А. Фудин, А.А. Хадарцев // Вестник новых медицинских технологий.– 2000.– Т. VII, № 1.– С. 70–72.
10. *Фудин, Н.А.* Индекс Хильдебрандта как интегральный показатель физиологических затрат у спортсменов в процессе возрастающей этапно-дозированной физической нагрузки / Н.А. Фудин, К.В. Судаков, А.А. Хадарцев, С.Я. Классина, С.В. Чернышов // Вестник новых медицинских технологий.– 2011.– № 3.– С. 244–247.