

ЛЕЧЕБНАЯ ФИЗКУЛЬТУРА

№3(169)
2023

И СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА



Мяч «Гимник»
Арт. 95.95 диам.: 95 см



Фитбол (гимнастический мяч) «Гимник»
Диаметр шаров: 45, 55, 75, 85, 95, 120 см



Мяч «Медбол»
Арт. 97.01 диам.: 23 см, 1 кг.

Мяч «Опти» прозрачный
Арт. 96.55 диам.: 55 см



Мяч «Плюс»
Арт. 95.40, диам.: 65 см



Фитбол (гимнастический мяч) «Гимник»
Диаметр шаров: 45, 55, 75, 85, 95, 120 см



Угловой сухой бассейн
Арт. 0009

Горка пластиковая
Арт. 555014



Спортивно-игровой набор №1
Арт. ИВ102



Детская полоса препятствий №3
Арт. ИВ104



Сухой бассейн «Полный вперед»
Размер: 165x165x40x15 Арт. 0909



Кочки массажные
Арт. 80.89



Сухой бассейн «Дракоша»
Размер: 150x150x40x15см Арт. 0507



Аконит-М – производитель продукции, предназначенной для оборудования игровых помещений, лечебной гимнастики и физкультуры, оснащения комнат релаксации и сенсорной интеграции. Выгодные условия доставки в любой регион России!

141321, Московская обл., г. Краснозаводск, ул. Горького, д. 2
Тел.: +7 (495) 540-47-11; 8 (800) 555-17-60
www.aconit.ru; e-mail: aconit-m@aconit.ru

реклама

ISSN 2072-4136

• ФИТНЕС • МАССАЖ • ЛЕЧЕБНАЯ ФИЗКУЛЬТУРА • ЭРГОТЕРАПИЯ
• СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА • РЕАБИЛИТАЦИЯ • ПРОФИЛАКТИКА

16+



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ
МЕДИКО-СОЦИАЛЬНОЙ
РЕАБИЛИТАЦИИ

Курсы повышения квалификации и профессиональной переподготовки для:

- ВРАЧЕЙ
- ПЕДАГОГОВ
- ПСИХОЛОГОВ
- СОЦИАЛЬНЫХ РАБОТНИКОВ
- ЛИЦ СО СРЕДНИМ МЕДИЦИНСКИМ ОБРАЗОВАНИЕМ

НАПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММ ОБУЧЕНИЯ

• Рефлексотерапия	• Организация здравоохранения
• Физиотерапия	• Актуальные вопросы медико - социальной реабилитации
• Медицинская реабилитация	• Менеджмент в социальной сфере (здравоохранение)
• Мануальная терапия	• Адаптивная физическая культура
• Неврология	• Социально-психологическая реабилитация
• Лечебная физкультура и спортивная медицина	• Педагогическая реабилитация
• Массаж	• Психология
• Традиционная медицина	• Мастер-классы, семинары, тренинги

ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ: ОЧНАЯ

ОЧНО – ЗАОЧНАЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

НАШИ КОНТАКТЫ:

Телефон: 8(495)755-95-21, 8-926-282-56-00

e-mail: seminar@ramsr.ru

Время работы с 10.00 -18.00 с понедельника по пятницу

ПОДРОБНАЯ ИНФОРМАЦИЯ НА САЙТЕ: www.ramsr.ru

Предлагаем образование для врачей, педагогов, социальных работников, психологов с 2002 года. Обеспечиваем качественную подготовку по всем направлениям. Возможна индивидуальная форма обучения. По окончании курсов выдаем документы установленного образца.



SHINHWA MEDICAL INC.



АКОНИТ-М

Роботизированный комплекс для безоперационной декомпрессии и коррекции позвоночника

SpineMT^{K-1}

Мировые стандарты вытяжения и мобилизации позвоночника



Быстрое восстановление!
Высокая эффективность!
Индивидуальный подход!
Регенерация диска!

«ЛЕЧЕБНАЯ ФИЗКУЛЬТУРА И СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА»

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Включен ВАК в Перечень ведущих научных изданий

Учредитель и издатель –
ОБЩЕРОССИЙСКИЙ ОБЩЕСТВЕННЫЙ ФОНД
«СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ РОССИИ»



ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Юнусов Ф.А., д.м.н., профессор, Москва, Россия

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Федоров А.Н., врач по спортивной медицине,
Москва, Россия

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Поляев Б.А., д.м.н., профессор, Заслуженный врач РФ, главный специалист по спортивной медицине Минздрава РФ, Москва, Россия

ЗАМ. ПРЕДСЕДАТЕЛЯ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Иванова Г.Е., д.м.н., профессор, главный специалист по медицинской реабилитации Минздрава РФ, Москва, Россия

НАУЧНЫЙ КОНСУЛЬТАНТ ПО СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЕ

Бадтиева В.А., д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, Москва, Россия

НАУЧНЫЙ КОНСУЛЬТАНТ ПО ЛЕЧЕБНОЙ ФИЗКУЛЬТУРЕ

Епифанов В.А., д.м.н., профессор, Заслуженный деятель науки РФ, Москва, Россия

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Парастаев С.А., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Макарова Г.А., д.м.н., профессор, Заслуженный деятель науки РФ, Краснодар, Россия
Васильева Л.Ф., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Орджоникидзе З.Г., д.м.н., профессор, Заслуженный деятель науки РФ, Москва, Россия
Поляков С.Д., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Бодрова Р.А., д.м.н., профессор, Казань, Россия
Самойлов А.С., д.м.н., профессор член-корреспондент РАН, Москва, Россия
Гаврилова Е.А., д.м.н., профессор, Санкт-Петербург, Россия
Медведев И.Б., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Спасский А.А., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Смоленский А.В., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Цыкунов М.Б., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Ачкасов Е.Е., д.м.н., профессор, Москва, Россия

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Аухадеев Э.И., д.м.н., профессор, Казань, Россия
Выходец И.Т., к.м.н., Москва, Россия
Дидур М.Д., д.м.н., профессор, Санкт-Петербург, Россия
Евдокимова Т.А., д.м.н., профессор, Санкт-Петербург, Россия
Евсеев С.П., д.п.н., профессор, Заслуженный работник высшей школы РФ, Санкт-Петербург, Россия
Ежов С.Н., д.м.н., профессор, Владивосток, Россия
Еремушкин М.А., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Жолинский А.В., к.м.н., доцент, Москва, Россия
Завгорулько В.Н., д.м.н., профессор, Заслуженный врач Российской Федерации, Хабаровск, Россия
Исанова В.А., д.м.н., профессор, Казань, Россия
Калинин А.В., д.м.н., профессор, Санкт-Петербург, Россия
Ключников С.О., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Лайшева О.А., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Левушкин С.П., д.б.н., Москва, Россия
Лукьянова И.Е., д.м.н., доцент, Москва, Россия
Павлов В.И., д.м.н., Москва, Россия
Постников П.В., к.м.н., Москва, Россия
Пушкина Т.А., к.б.н., Москва, Россия
Сергиенко Е. Ю., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Шкробко А.Н., д.м.н., профессор, Ярославль, Россия



РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ И КУРОРТОЛОГИИ



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ МЕДИКО-СОЦИАЛЬНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ



РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПО СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЕ И РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ И ИНВАЛИДОВ



МОСКОВСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ, ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ И СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ

МОСКВА
2023

СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА

ДОБРОКАЧЕСТВЕННАЯ ГИПЕРБИЛИРУБИНЕМИЯ
У СПОРТСМЕНОВ
**С.В. Югай, В.А. Бадтиева, Е.А. Теняева, Н.В. Сичинава,
М.Тэфендиева**

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФУЗИЙ
ФОСФОКРЕАТИНА В ЛЕЧЕНИИ СПОРТСМЕНОВ
С ФИЗИЧЕСКИМ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕМ, ПЕРЕГРУЗКОЙ
И ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТЬЮ
**В.А. Бадтиева, Н.В. Сичинава, А.В. Пачина,
Н.В. Трухачева, В.И. Павлов, Д.А. Акопян**

ДИАГНОСТИКА МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА У
СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОГО КЛАССА
**Л.И. Дергачева, А.В. Жолинский, И.Т. Выходец,
А.А. Павлова, С.А. Парастаев**

ПОКАЗАТЕЛИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА И
ЭРГОСПИРОМЕТРИИ У ИГРОКОВ В АМЕРИКАНСКИЙ
ФУТБОЛ В ПРЕДСОРЕВНОВАТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД
В.А. Кузелин, С.Б. Егоркина, В.В. Брындин, И.В. Реверчук

РЕАБИЛИТАЦИЯ

БЕСКОНТАКТНАЯ ИНФРАКРАСНО-ТЕРАГЕРЦЕВАЯ
РЕФЛЕКСОТЕРАПИЯ У БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКИМ
ИНСУЛЬТОМ
**А.С. Реуков, М.Д. Дидур, А.О. Конради, А.П. Преснухина,
Н.В. Тохтиева**

ОСОБЕННОСТИ ОТНОШЕНИЯ К ЗДОРОВЬЮ
И ЗДОРОВЬЕСБЕРЕГАЮЩИМ ПРАКТИКАМ В ДЕТСКО-
ЮНОШЕСКОМ СПОРТЕ
**А.В. Квитчастый, Д.А. Верещагина, В.А. Бадтиева,
Н.В. Сичинава, И.В. Юрьева, А. М. Царёва, И. А. Черепанов**

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНАЦИИ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ
МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ И НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ
ДЛЯ МОДУЛЯЦИИ МОЗГОВОЙ АКТИВНОСТИ
СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОГО КЛАССА: ПИЛОТНОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ
**С.И. Баршак, Ю.Д. Кропотов, М.Д. Дидур, И.Н. Митин,
К.С. Назаров, Л.Р. Суфиянова**

SPORTS MEDICINE

3 BENIGN HYPERBILIRUBINEMIA IN ATHLETES
**Sergey V. Yugai, Victoria A. Badtieva, Elena A. Tenyaeva,
Nino V. Sichinava, Matanet T. Efendieva**

10 ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF USE
OF PHOSPHOCREATINE INFUSIONS IN THE TREATMENT
OF ATHLETES WITH PHYSICAL STRAIN, OVERLOAD
AND OVERTRAINING
**Victoria A. Badtieva, N.V. Sichinava, A.V. Pachina,
N.V. Trukhacheva, V.I. Pavlov, D.A. Hakobyan**

17 DIAGNOSIS OF METABOLIC SYNDROME
IN ELITE ATHLETES
**L.I. Dergacheva, A.V. Zholinsky, I.T. Vykhodets, 3,
A.A. Pavlova, S.A. Parastayev**

30 INDICATORS OF HEART RATE VARIABILITY AND
ERGOSPIROMETRY IN AMERICAN FOOTBALL PLAYERS
IN THE PRE-COMPETITION PERIOD
V.A. Kuzelin, S.B. Egorkina, V.V. Bryndin, I.V. Reverchuk

REHABILITATION

39 NON-CONTACT INFRARED-TERAHERTZ REFLEXOTHERAPY
IN THE PATIENTS WITH ISCHEMIC STROKE
A.S. Reukov, K.V. Simakov, V.E. Rubinchik, A.P. Presnukhina

54 ATTITUDE TO HEALTH AND HEALTH-SAVING PRACTICES
IN CHILDREN AND YOUTH SPORTS
**A.V. Kvitchasty, D.A. Vereshchagina, V.A. Badtieva,
N.V. Sichinava, I.V. Yuryeva, A. M. Tsaryova, I. A. Cherepanov**

62 USING RTMS COMBINED WITH NEUROFEEDBACK
TO MODULATE NEURAL ACTIVITY IN ELITE ATHLETES:
A PILOT STUDY
**S.I. Barshak, J.D. Kropotov, M. D. Didur, I.N. Mitin,
K.S. Nazarov, L.R. Sufiyanova**

ДОБРОКАЧЕСТВЕННАЯ ГИПЕРБИЛИРУБИНЕМИЯ У СПОРТСМЕНОВ

УДК 61.613.73

С.В. Югай¹, В.А. Бадтиева^{1,3}, Е.А. Теняева¹, Н.В. Сичинава¹, М.Т. Эфендиева²¹Государственное автономное учреждение здравоохранения «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины

Департамента здравоохранения г. Москвы»

² Национальный институт спортивной медицины и реабилитации, Баку, Азербайджан³ ФGAOY BO Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России

РЕЗЮМЕ

В исследовании ретроспективно проанализированы результаты углубленного медицинского обследования 22022 спортсменов сборных Москвы за 2020–2021 гг. В 3,82 % случаев выявлена доброкачественная гипербилирубинемия, частота выявления синдрома Жильбера у спортсменов составила 2,5 %. По данным настоящего исследования, частота выявления транзиторной гипербилирубинемии была наиболее высокой в отдельных видах спорта с тяжелыми физическими нагрузками, таких как гребной спорт, плавание, горные лыжи, велоспорт, хоккей, спортивная борьба, гандбол, легкая атлетика, фигурное катание на коньках, футбол. Установлена прямая зависимость: при интенсивных физических нагрузках уровень билирубина увеличивается, а в период отдыха не превышает референсных значений. На фоне проведенного лечения уровень общего билирубина при транзиторной гипербилирубинемии нормализовался до референсных значений, тогда как при синдроме Жильбера уровень общего билирубина достигал референсных значений при более длительном лечении, иногда с добавлением короткого курса фенобарбитала.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Ключевые слова: гипербилирубинемия, синдром Жильбера, рабдомиолиз, миоглобин, гемолиз, спортсмены, физическая нагрузка.

BENIGN HYPERBILIRUBINEMIA IN ATHLETES

Sergey V. Yugai¹, Victoria A. Badtieva^{1,3}, Elena A. Tenyaeva¹, Nino V. Sichinava¹, Matanet T. Efendieva²¹Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Health²National Institute of Sports Medicine and Rehabilitation, Baku, Azerbaijan³I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

SUMMARY

The study retrospectively analyzed the results of an in-depth medical examination of 22022 athletes of the Moscow national teams for 2020–2021. Benign hyperbilirubinemia was detected in 3.82% of cases, the frequency of detection of Gilbert syndrome in athletes was 2.5%. According to the data of this study, the frequency of detection of transient hyperbilirubinemia was highest in certain sports with heavy physical exertion, such as rowing, swimming, skiing, cycling, hockey, wrestling, handball, athletics, figure skating, football. A direct relationship has been established: during intense physical exertion, the level of bilirubin increases, and during the rest period it does not exceed the reference values. Against the background of the treatment, the level of total bilirubin in transient hyperbilirubinemia normalized to reference values, whereas in Gilbert's syndrome there was only a decrease in the level of total and direct bilirubin, rarely reaching normal values.

Conflict of interest: the authors declare that there is no conflict of interest.

Keywords: hyperbilirubinemia, Gilbert's syndrome, rhabdomyolysis, myoglobin, hemolysis, athletes, physical activity.

ВВЕДЕНИЕ

Здоровье спортсмена, функциональное состояние различных органов и систем является необходимым фактором достижения высоких спортивных результатов.

Для своевременной коррекции отклонений функционального состояния, снижающих физическую работоспособность, необходимо выявление признаков и причин переутомления и плохой переносимости физической нагрузки. У ряда спортсменов одной из составляющих нарушения функционального состояния могут являться симптомы интоксикации, вероятной причиной которой может быть гипербилирубинемия [1].

Билирубин – (от лат. bilis – желчь и лат. ruber – красный) – желчный пигмент, один из основных компонентов желчи в организме человека. Референсные пределы содержания общего билирубина в популяции человека составляют 5–21 мкмоль/л, связанного билирубина – не более 3,4–4,0 мкмоль/л, свободного билирубина – 0–17 мкмоль/л. Уровень билирубина в сыворотке крови при синдроме Жильбера без сопутствующих заболеваний обычно колеблется от 30 мкмоль/л до 90 мкмоль/л и редко бывает выше [2].

Как известно, физические упражнения способствуют физиологическому здоровью различных систем организма, включая улучшение контроля уровня глюкозы в крови, работоспособности сердечно-сосудистой системы, эластичности артерий, функции скелетных мышц и энергетического обмена [3]. Физическая нагрузка также играет важную роль в контроле веса, помогая преодолеть дефицит энергии и метаболическую адаптацию в процессе обмена глюкозы и жирных кислот [4].

Важным вопросом, требующим дальнейших исследований, являются механизмы, индуцируемые физическими упражнениями, которые вызывают повышение уровня билирубина в плазме крови. Одним из этих механизмов является влияние физической нагрузки на катаболизм гема. В результате повреждений, вызванных физической нагрузкой, особенно аэробными упражнениями, при которых происходят повторные удары ногой, повышение температуры тела и рабдомиолиз, вызывающий освобождение миоглобина, эритроциты могут под-

вергаться гемолизу и высвобождать гемоглобин. Этот гемоглобин может быть расщеплен до биливердина и далее катаболизирован с образованием свободного, неконъюгированного билирубина [5]. Такая точка зрения подтверждается рядом исследований, согласно которым только при самой высокой интенсивной физической нагрузке, сопровождающейся гемолизом, наблюдалось повышение уровня билирубина в плазме крови [6].

То же самое касается и тренированных спортсменов, подвергающихся воздействию очень высоких уровней факторов, индуцирующих гемолиз, способствующих наблюдаемому повышению уровня билирубина [7, 8].

Помимо физиологического рабдомиолиза напряжения и гемолиза эритроцитов при высокоинтенсивных нагрузках происходит ряд физиологических процессов, которые также могут быть причиной гипербилирубинемии: развитие ацидоза, алиментарный дефицит белка, повышенная потребность в кислороде [1].

В настоящее время рассматривается и другая гипотеза гипербилирубинемии у спортсменов, которая заключается в том, что вызванное физической нагрузкой повышение уровня билирубина является результатом механизма обратной связи, регулирующего повышенный окислительный стресс, сопровождающий физические тренировки [7]. Билирубин является мощным антиоксидантом, и, аналогично другим системам антиоксидантной защиты, его уровень должен повышаться при длительных физических тренировках, чтобы лучше контролировать вызванное физическими нагрузками повреждение клеточных структур свободными радикалами [9, 10].

По мнению ряда исследователей, долгосрочное воздействие физических упражнений на уровень билирубина связано также с увеличением других антиоксидантных резервов, включая общий антиоксидантный статус [7]. Такое повышение уровня билирубина, вероятно, является результатом большей активности гемоксигеназы, которая повышается при физической нагрузке. Поскольку гемоксигеназа является ферментом, ограничивающим скорость превращения гемоглобина в биливердин [11], ее более высокие уровни могут вызвать наблюдаемое повышение уровня билирубина в плазме

крови после длительных физических упражнений или у лиц с физической активностью/спортсменов. Предполагают, что долгосрочная адаптация к физическим нагрузкам способствует повышению антиоксидантной защиты, включая билирубин, в то время как краткосрочные адаптации связаны с повреждениями, вызванными физическими упражнениями и повышенной доступностью гема.

Наряду с влиянием регулярных физических тренировок на повышение концентрации билирубина в сыворотке крови, необходимо дополнительно учитывать синдром Жильбера, генетический полиморфизм, который снижает экспрессию UGT1A1, повышая уровень билирубина в плазме крови, что потенциально может влиять на спортивные результаты. Это было продемонстрировано на элитных чешских спортсменах: элитные спортсмены и спортсменки имели значительно более высокие концентрации билирубина в сыворотке крови (8,5–16 мкмоль/л) по сравнению с населением в целом [7]. В то же время распространенность фенотипического синдрома Жильбера также была значительно выше у элитных спортсменов, что дает авторам основания предположить, что умеренное повышение уровня сывороточного билирубина может predispose к улучшению спортивных результатов. Другими словами, элитные спортсмены с умеренной гипербилирубинемией могли быть отобраны на основе этого биохимического признака, чтобы попасть в элиту спорта. Это дает дополнительные доказательства того, что билирубин может способствовать спортивным достижениям, вероятно, это связано с ролью билирубина как эндокринного гормона, индуцирующего транскрипцию генов, которая модулирует метаболические функции. Повышенные системные концентрации билирубина могут представлять собой механизм обратной связи, чтобы справиться с повышенным окислительным стрессом, который сопровождает тренировочный процесс, обеспечивают сигнальные стимулы для мышц [12] и сердечно-сосудистой системы [13], улучшают адаптацию к нагрузкам при физической тренировке и одновременно обеспечивают существенные метаболические преимущества в отношении окисления жирных кислот, связанные с регулярными физическими упражнениями [14].

Семейные доброкачественные гипербилирубинемии – группа заболеваний без выраженного изменения структуры и функции печени, без явных признаков гемолиза и холестаза, обусловленных нарушением обмена билирубина, что может проявляться стойкой или перемежающейся желтухой. Синдром Жильбера встречается в 68,2 % случаев среди неконьюгированных гипербилирубинемий, характеризуется наиболее мягким клиническим вариантом, наблюдается у 3–7% европейцев и азиатов, 36 % африканцев. Среди носителей признака мужчин в 3–4 раза больше, чем женщин.

Синдром Жильбера наследуется аутосомно-рецессивно. В ходе проведения ДНК-диагностики чаще обнаруживается генотип 7 TA/ 7 TA в гомозиготном состоянии. Частота встречаемости данного генотипа в европейской и азиатской популяции 2–10 %. Генотип 6 TA/ 7 TA в гетерозиготном состоянии встречается среди спортсменов в единичных случаях. В норме оба аллеля гена UGT1A содержат не более 6 TA повторов. Увеличение количества TA повторов ведет к снижению работы гена и активности фермента УДФ-ГТ, в результате не весь токсичный (непрямой билирубин) переходит в водорастворимую форму (прямой). Под воздействием нагрузок высокой интенсивности и других факторов развивается клиническая картина синдрома Жильбера [15].

Рядом авторов прослеживается связь синдрома Жильбера и заболеваний билиарного тракта: 36,9 % – сладж-синдром, 13,9 % – ДЖВП, 6,6 % – ЖКБ [16].

Целью настоящего исследования явилось проследить частоту выявления доброкачественных гипербилирубинемий, в том числе синдрома Жильбера, у спортсменов сборных Москвы, оценить взаимосвязь между видом спортивной деятельности (интенсивностью физических нагрузок), уровнем спортивной квалификации спортсменов и уровнем билирубина.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ретроспективно были проанализированы результаты углубленного медицинского обследования 22022 спортсменов сборных Москвы, проведенного на базе филиала № 1 ГАУЗ МНПЦ МРВСМ ДЗМ

за 2020–2021 г. Оценивался уровень общего, свободного и связанного билирубина, изучался семейный анамнез по гипербилирубинемии. При выявлении гипербилирубинемии спортсмены направлялись на молекулярно-генетическое тестирование для исключения или подтверждения наличия синдрома Жильбера.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При профилактическом медицинском обследовании 22022 спортсменов, прошедших углубленное медицинское обследование (УМО) в течение 2020–2021 гг., гипербилирубинемия без явных клинических проявлений выявлена у 841 спортсмена, таким образом, частота выявления гипербилирубинемии составила 3,82 % (рис. 1).

Из них у 569 спортсменов (в 2,5 %) после молекулярно-генетического анализа был диагностирован синдром Жильбера, что сопоставимо с частотой встречаемости данного типа гипербилирубинемии в общей популяции. Как показано на рис. 2, частота встречаемости синдрома Жильбера среди всех гипербилирубинемий у спортсменов составляет 67,6 %, тогда как у 242 спортсменов (32,4 %) была выявлена транзиторная гипербилирубинемия, не связанная с заболеваниями печени, желчных путей и наследственностью. Мужчины составили большинство (68 %) среди спортсменов с синдромом Жильбера, что характерно для этого заболевания в общей популяции.

Полученные результаты согласуются с данными обследования спортсменов в ФМБА, где гипербилирубинемия выявлена у 4,68 % спортсменов, синдром Жильбера – в 2 % случаев. [1].

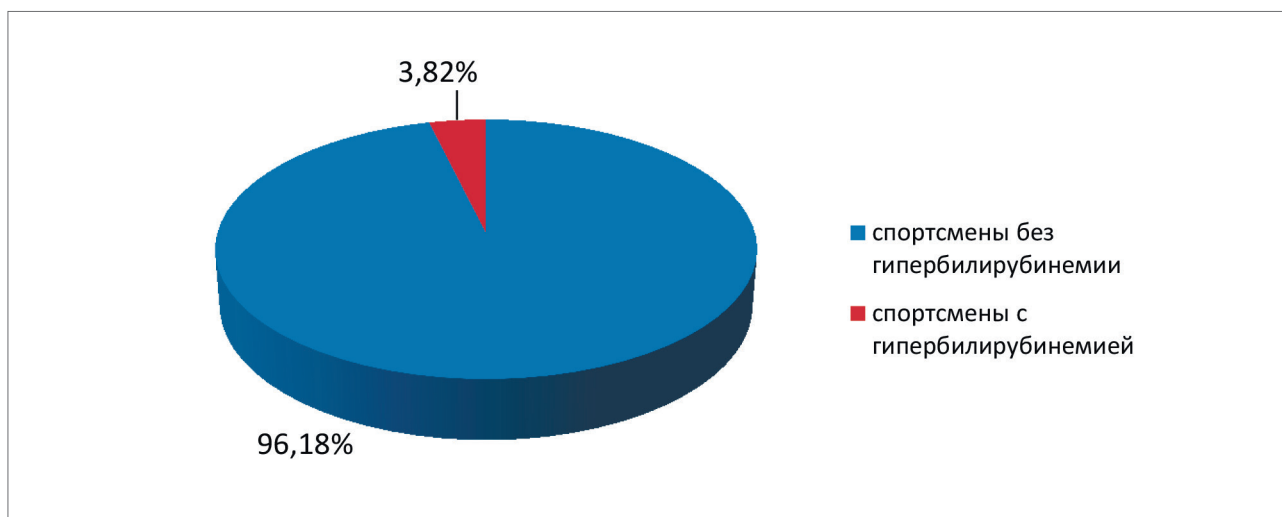


Рис. 1 – Частота встречаемости гипербилирубинемии у спортсменов

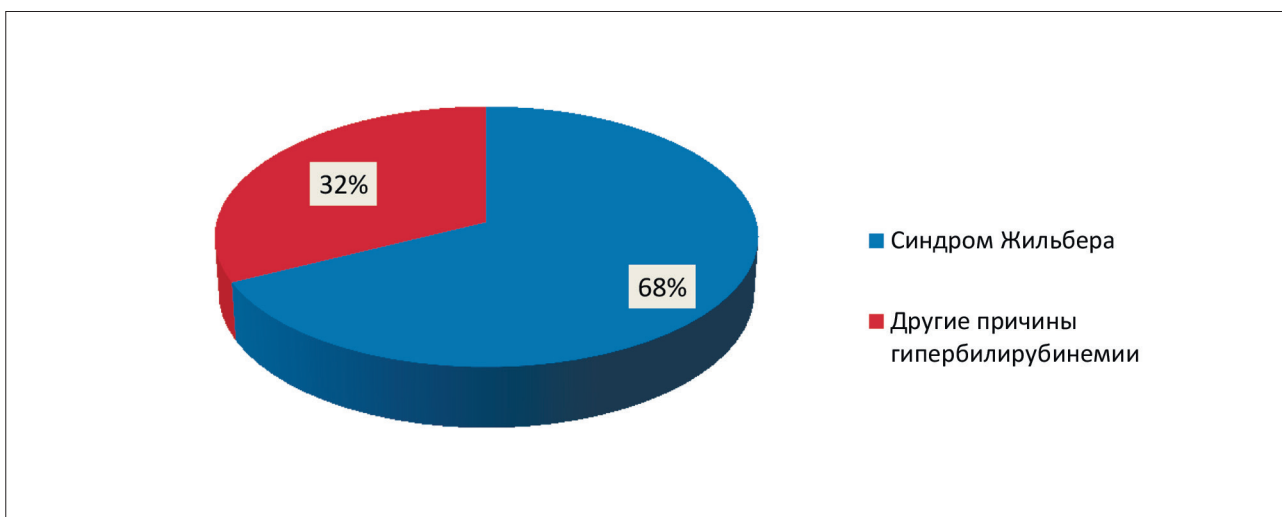


Рис. 2 – Частота встречаемости синдрома Жильбера среди всех гипербилирубинемий у спортсменов

Таблица 1

Медиана уровня общего билирубина у спортсменов в видах спорта с наиболее тяжелыми физическими нагрузками

Вид спорта	Медиана уровня билирубина, Мкмоль/л
Футбол	34,3
Гребля	46,3
Велоспорт	40,42
Горные лыжи	41,2
Плавание	39,1
Спортивная борьба	35,3
Хоккей	33,8
Гандбол	28,9
Легкая атлетика	38,7
Фигурное катание	38,2

Аналогичные данные представлены в другом исследовании спортсменов сборных команд Российской Федерации, в котором синдром Жильбера выявлен в 2,4 % случаев. В отличие от результатов ряда зарубежных исследований, спортсмены с установленным диагнозом «синдром Жильбера» значительно не отличались от остальных по результативности и уровню тренированности, о чем свидетельствовали результаты выступлений и уровень спортивного мастерства. [17]. Также при обследовании спортсменов-паралимпийцев выявлено 4,11 % спортсменов с синдромом Жильбера, из них большинство составляли мужчины (3,71 %). Авторы исследования утверждают, что частота выявляемости синдрома Жильбера у спортсменов-паралимпийцев всех видов спорта не отличается от его распространенности в общей популяции; выраженность симптомов интоксикации зависит от степени адаптации спортсменов-паралимпийцев всех видов спорта к тренировочным нагрузкам [15].

По данным настоящего исследования, частота выявления транзиторной гипербилирубинемии была наиболее высокой в отдельных видах спорта с тяжелыми физическими нагрузками, таких как гребной спорт, плавание, горные лыжи, велоспорт, хоккей, спортивная борьба, гандбол, легкая атлетика, фигурное катание на коньках, футбол.

В таблице 1 приведена медиана уровня общего билирубина у спортсменов с наиболее тяжелыми физическими нагрузками.

В группе пациентов с тяжелой физической активностью (академическая гребля, велоспорт, горные лыжи) при первичном исследовании средний уровень билирубина превышал 40 мкмоль/л, что не могло не свидетельствовать о влиянии чрезмерных нагрузок на уровень билирубина. Однако на фоне проведенной терапии уровень общего билирубина снизился до референсных значений.

В нашем исследовании не было выявлено зависимости уровня билирубина от спортивной квалификации спортсменов, однако с учетом современных научных публикаций этот вопрос, вероятно, требует дальнейших исследований на больших группах элитных спортсменов.

В аналогичных исследованиях спортсменов высших спортивных достижений также была выявлена связь повышения билирубина и высокоинтенсивных физических нагрузок [1].

На фоне проведенного лечения (диета – стол № 5, достаточный прием воды и регулярность приема пищи, противопоказано голодание, отдых от физических нагрузок, исключение приема гепатотоксичных препаратов, применение гепатопротекторов, таких как урсодезоксихолевая кислота по показаниям) и динамического контроля уровня билирубина, УЗИ органов брюшной полости 1–2 раза в год, уровень общего билирубина при транзиторной гипербилирубинемии нормализовался до референсных значений, тогда как при синдроме Жильбера снижение уровня

общего билирубина достигало референсных значений при более длительном лечении, иногда с добавлением дополнительно короткого курса фенобарбитала.

На основании данных о взаимосвязи интенсивности физических нагрузок, вида спортивной деятельности и уровня билирубина установлена прямая зависимость: при интенсивных физических нагрузках уровень билирубина увеличивается, а в период отдыха не превышает референсных значений, что согласуется с рядом публикаций.

Так, в 2017 году в Варшаве было проведено исследование среди спортсменов, оценивающее влияние физических тренировок на уровень общего билирубина, оно включало 339 спортсменов: у 18,9 % результаты билирубина превысили верхний предел исходных значений, принятых лабораторией. Кроме того, полученная верхняя граница референсного диапазона концентрации общего билирубина в группе спортсменов составляла 29,0 мкмоль/л. По мнению авторов, это означает, что внутрисосудистый гемолиз при напряженной мышечной деятельности может быть вызван как механическим разрушением эритроцитов при длительных мышечных сокращениях, так и повреждением клеточных мембран в результате окислительного стресса и воспаления, а также функциональным состоянием печени. Повышение билирубина также может быть проявлением адаптации к тренировочному процессу [8].

С другой стороны, в исследовании 37 марафонцев после соревнований у 19 человек наблюдались повышенные уровни билирубина, что авторы объясняли тяжелым гемолизом [18].

Проводились работы, анализирующие влияние разного объема физической нагрузки на уровень билирубина, и было установлено, что только большая интенсивная физическая тренировочная нагрузка повышает его концентрацию. Но, стоит отметить, что концентрация общего билирубина также является одним из параметров, используемых при оценке функции печени, и повышенное значение может свидетельствовать не только о роли физической нагрузки, но также и о нарушениях в функционировании или повреждении печени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Наличие гипербилирубинемии у спортсменов всегда требует уточнения и дифференциальной диагностики, исключения наследственных гипербилирубинемий, установления связи с интенсивностью и направленностью физической нагрузки и видом спортивной деятельности. Результаты исследования позволяют сделать вывод о пользе снижения тяжелых физических нагрузок, увеличении периода отдыха после физической нагрузки, персонализированного подхода к каждому из спортсменов с учетом данных о состоянии здоровья, уровня физической нагрузки и уровня подготовки. Кроме того, важно установить причину гипербилирубинемии, выяснив, является ли данное явление проявлением патологического процесса или патофизиологическим состоянием, вызванным физической нагрузкой, на основании чего спортивный врач (терапевт, гастроэнтеролог) может определить метод коррекции гипербилирубинемии для поддержания адекватной физической формы спортсмена с учетом требований антидопингового законодательства.

Перспектива дальнейших исследований заключается в поиске новых корректирующих мероприятий у спортсменов при установлении диагноза наследственных гипербилирубинемий и соответствующей коррекции тренировочного процесса при физиологических билирубинемиях, особенно связанных с физическими нагрузками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капитонова, А. Н. Гипербилирубинемия в спорте высших достижений / А. Н. Капитонова, И. В. Круглова, А. Б. Чадина // Современные вопросы биомедицины. – 2018. – Т. 2, № 4 (5). – С. 16–22. – EDN YRPEOL.
2. Внутренние болезни. Печень. Желчевыводящие пути, поджелудочная железа. Ройтберг Г. Е., Струтынский А. В. – МЕДпресс-информ – 2020 – 640с.
3. SargeantJA, GrayLJ, BodicoatDH, WillisSA, StenselDJ, NimmoMA, etal. The effect of exercise training on intrahepatic triglyceride and hepatic insulin sensitivity: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev.* (2018) 19(10):1446–59. doi: 10.1111/obr.12719.
4. Flack KD, Hays HM, Moreland J, Long DE. Exercise for weight loss: further evaluating energy compensation

- with exercise. *Med Sci Sports Exerc.* (2020) 52(11):2466–75. doi: 10.1249/MSS.0000000000002376.
5. Hammouda O, Chtourou H, Chaouachi A, Chahed H, Ferhichi S, Kallel C, et al. Effect of short-term maximal exercise on biochemical markers of muscle damage, total antioxidant status, and homocysteine levels in football players. *Asian J Sports Med.* (2012) 3(4):239–46. doi: 10.5812/asjms.34544.
 6. Swift DL, Johannsen NM, Earnest CP, Blair SN, Church TS. Effect of different doses of aerobic exercise training on total bilirubin levels. *Med Sci Sports Exerc.* (2012) 44(4):569–74. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182357dd4.
 7. Woronyczova J, Novakova M, Lenicek M, Batovsky M, Bolek E, Cifkova R, et al. Serum bilirubin concentrations and the prevalence of gilbert syndrome in elite athletes. *Sports Med Open.* (2022) 8(1):84. doi: 10.1186/s40798-022-00463-6.
 8. Witek K, Scislowska J, Turowski D, Lerczak K, Lewandowska-Pachecka S, Pokrywka A. Total bilirubin in athletes, determination of reference range. *Biol Sport.* (2017) 34(1):45–8. doi: 10.5114/biolport.2017.63732.
 9. Thomas DT, DelCimmino NR, Flack KD, Stec DE, Hinds TD Jr. Reactive oxygen Species (ROS) and antioxidants as immunomodulators in exercise: implications for heme oxygenase and bilirubin. *Antioxidants.* (2022) 11(2):179. doi: 10.3390/antiox11020179.
 10. Ji LL. Exercise-induced modulation of antioxidant defense. *Ann NY Acad Sci.* (2002) 959:82–92. doi: 10.1111/j.1749-6632.2002.tb02085.x.
 11. Stec DE, Hinds TD Jr. Natural product heme oxygenase inducers as treatment for nonalcoholic fatty liver disease. *Int J Mol Sci.* (2020) 21(24):9493. doi: 10.3390/ijms21249493.
 12. Petriz BA, Gomes CP, Almeida JA, de Oliveira GP Jr, Ribeiro FM, Pereira RW, et al. The effects of acute and chronic exercise on skeletal muscle proteome. *J Cell Physiol.* (2017) 232(2):257–69. doi: 10.1002/jcp.25477.
 13. Hellsten Y, Nyberg M. Cardiovascular adaptations to exercise training. *Comp Physiol.* (2016) 6:1–32. doi: 10.1002/cphy.c140080.
 14. Ferraro E, Giammarioli AM, Chiandotto S, Spoletini I, Rosano G. Exercise-induced skeletal muscle remodeling and metabolic adaptation: redox signaling and role of autophagy. *AntioxidRedoxSignal.* (2014) 21(1):154–76. doi: 10.1089/ars.2013.5773).
 15. Альцева, Е. Н. Изолированная гипербилирубинемия (синдром Жильбера) в практике врача терапевта при проведении УМО спортсменов паралимпийских видов спорта / Е. Н. Альцева, И. В. Круглова, И. В. Пастухова // Сборник материалов тезисов XIV Международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «спортмед-2019», Москва, 05–06 декабря 2019 года. – Москва: Российская ассоциация по спортивной медицине и реабилитации больных и инвалидов, 2019. – С. 23–25. – EDNMMGBBY.
 16. Рейзис А.Р., Хохлова О.Н., Никитина Т.С. / Синдром Жильбера: современные воззрения, исходы и терапия. // Доктор.ру №3 (71) – 2012.
 17. Клиническая значимость доброкачественной гипербилирубинемии у спортсменов сборных команд России / А. В. Найкина, А. В. Хан, А. П. Нетребина, Н. А. Цурская // Сборник материалов тезисов XIV Международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «спортмед-2019», Москва, 05–06 декабря 2019 года. – Москва: Российская ассоциация по спортивной медицине и реабилитации больных и инвалидов, 2019. – С. 115. – EDN KKUCQM.
 18. Kratz A, Lewandowski KB, Siegel AJ, Chun KY, Flood JG, van Cott EM. Effect of marathon running on hematologic and biochemical laboratory parameters, including cardiac markers. *AmJClinPathol.* 2002.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФУЗИЙ ФОСФОКРЕАТИНА В ЛЕЧЕНИИ СПОРТСМЕНОВ С ФИЗИЧЕСКИМ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕМ, ПЕРЕГРУЗКОЙ И ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТЬЮ

В.А. Бадтиева^{1,2}, Н.В. Сичинава¹, А.В. Пачина¹, Н.В. Трухачева¹, В.И. Павлов¹, Д.А. Акопян¹

¹Государственное автономное учреждение здравоохранения «Московский научно-практический центр
медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины
Департамента здравоохранения г. Москвы»

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России

АННОТАЦИЯ

Современные тренировочно-соревновательные условия предъявляют спортсменам повышенные требования и ограничивают процессы восстановления, что приводит, наряду с физиологическим утомлением, и к более глубоким и длительным состояниям, представляющим угрозу здоровью и снижающим работоспособность, таким как физическое перенапряжение, переутомление и перетренированность. Выводить спортсменов из этих состояний, сохраняя их здоровье и функциональные качества, могут помочь фармакологические средства, аналоги естественных метаболитов, такие как фосфокреатин. Показано, что фосфокреатин, примененный у спортсменов по показаниям и с соблюдением антидопинговых правил, помогает нормализовать гемодинамику, вегетативную (автономную) регуляцию физиологических процессов, психологический статус, ускорить процессы восстановления.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Ключевые слова: спортсмен, фосфокреатин, физическое перенапряжение, перегрузка, перетренированность.

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF USE OF PHOSPHOCREATINE INFUSIONS IN THE TREATMENT OF ATHLETES WITH PHYSICAL STRAIN, OVERLOAD AND OVERTRAINING

V.A. Badtieva^{1,2}, N.V. Sichinava¹, A.V. Pachina¹, N.V. Trukhacheva¹, V.I. Pavlov¹, D.A. Hakobyan¹

¹State Autonomous Healthcare Institution "Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation,
Rehabilitation and Sports Medicine of the Moscow Department of Health"

²Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education First Moscow State Medical University
named after. THEM. Sechenov Ministry of Health of Russia

ABSTRACT

Modern training and competitive conditions impose increased demands on athletes and limit the recovery processes, which leads, along with physiological fatigue, to overwork processes, as well as deeper and longer-term conditions that pose a threat to health and reduce performance, such as physical overreaching, overloading and overtraining. Pharmacological agents, analogues of natural metabolites such as phosphocreatine, can help to remove athletes from these conditions, preserving their health and functional qualities. It is shown that phosphocreatin, used in athletes according to indications and in compliance with anti-doping rules, helps to normalize hemodynamics, autonomic regulation of physiological processes, psychological status, accelerate recovery processes, thereby preserving health and functionality.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Keywords: athlete, phosphocreatin, physical overreaching, overloading, overtraining.

ВВЕДЕНИЕ

С возрастанием уровня спортивных достижений увеличиваются физические и психоэмоциональные нагрузки, приводящие как к формированию закономерного физиологического состояния утомления, так и к «пограничным» сдвигам в виде переутомления, а в отсутствие адекватного восстановления спортсмена – к патологическим процессам – перенапряжению («overreaching»), перегрузке («overloading») и перетренированности («overreaching») [1, 2]. Вышеупомянутые состояния не имеют чётких границ, различаясь между собой глубиной патофизиологических процессов и длительностью восстановления [3, 4]. Считается, что основным методом коррекции синдрома перетренированности является снижение интенсивности, объёма тренировок, вплоть до выключения спортсмена из тренировочного процесса. Вместе с тем прекращение тренировочной деятельности способствует уменьшению ультраструктур, усилению окислительных возможностей мышц, снижению мышечной активности, и, как следствие, снижению уровня физической подготовки спортсмена. В связи с этим патогенетически оправданным является применение методов коррекции, направленных на уменьшение проявлений перегрузок, перенапряжения и перетренированности [5, 6]. Одним из способов повышения работоспособности в спорте и коррекции поражений сердца являются соединения креатина, в частности, фосфокреатин, как парентеральный препарат креатина, обладающий наибольшей биодоступностью. Известно, что фосфокреатин, как и другие метаболические препараты, обладает комплексом фармакологических эффектов, в частности, кардиопротекторным, стрессопротекторным и антигипоксическим действием [7].

Цель исследования: оценка эффективности применения фосфокреатина в лечении спортсменов с синдромом перетренированности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на базе филиала №1 ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины» Департамента здравоохранения города Москвы. В рамках исследования

обследовано и пролечено 50 пациента с синдромом перетренированности. Дополнительно были обследованы 25 здоровых спортсменов-добровольцев без признаков перетренированности, показатели которых использовались в качестве нормативов в сравнительном анализе со спортсменами, страдающими синдромом перетренированности.

Спортсмены высокого уровня спортивного мастерства, имеющие стаж занятий спортом в качестве профессионалов не менее 5 лет, в возрасте 18–35 лет с синдромом перетренированности методом случайной выборки были разделены на 2 группы:

1 группа (25 человек) получали курс инфузий фосфокреатина на фоне базовой терапии, включающей коррекцию нагрузочного процесса с устранением нагрузок лактатного типа;

2 (контрольная) группа (25 человек) получала базовую терапию (коррекцию нагрузочного процесса с устранением нагрузок лактатного типа).

В группу сравнения (25 человек) вошли здоровые спортсмены-добровольцы без признаков перетренированности.

По полу, возрасту и клинико-anamnestическим данным группы достоверно не различались.

В исследование были включены действующие спортсмены, за исключением спортсменов, занимающихся видами спорта низкой интенсивности.

Критериями диагностики состояния физического перенапряжения, перегрузки и перетренированности являлись:

- длительное стойкое снижение вариабельности сердечного ритма;
- длительное стойкое повышение уровня креатинфосфокиназы (КФК) в крови;
- необъяснимое устойчивое снижение спортивных результатов;
- выраженные психологические изменения.

Методы исследования: общее клиническое обследование, включающее физикальный осмотр, измерение роста, веса, частоты сердечных сокращений, АД; общий анализ крови, общий анализ мочи, биохимический анализ крови с определением уровня КФК, электрокардиография (ЭКГ) в стандартных и грудных отведениях, велоэргометрический тест с газоанализом со ступенчато возрастающей

нагрузкой, ультразвуковое исследование сердца (ЭхоКГ), вариабельность сердечного ритма (ВСР), психологическое обследование с помощью опросника POMS.

Все исследования проводились до и после лечения.

При статистическом анализе результатов проведенных исследований использовались пакеты компьютерных программ SPSS 12.0 и Statistica 8.0. Использовался метод вариационной статистики с вычислением средней арифметической величины, стандартной ошибки средней арифметической ($M \pm m$). Для изучения динамики переменных использовался t-критерий Стьюдента. Различия между двумя средними величинами считались достоверными при $p < 0,05$.

Методики лечения

Коррекция состояния спортсмена проводилась путем внутривенных инфузий фосфокреатина (препарат «Неотон» – порошок для приготовления р-ра д/инф 1 г): 50–75 мг/кг, не более 4г/сут, в 90 мл воды для инъекций в/в капельно (длительность инфузий не менее 45 мин) № 10. При этом были соблюдены все правила ВАДА, исключавшие допинг у спортсмена [].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение исходных характеристик спортсменов показало, что среди 50 пациентов с физическим перенапряжением, перегрузкой и перетренированностью мужчины составили 54 % (27 чел.), женщины – 46 % (23 чел.), возраст спортсменов $23,6 \pm 2,4$ года. Группу здоровых добровольцев составили 25 спортсменов, из которых 12 мужчин (48 %) и 13 женщин (52 %) в возрасте $25 \pm 2,2$ года.

Анализ жалоб у спортсменов с синдромом перетренированности до начала проведения лечебно-реабилитационных мероприятий по сравнению со здоровыми добровольцами показал, что наиболее распространенными были жалобы на снижение работоспособности, необъяснимое снижение спортивных результатов, постоянное ощущение утомления, нарушение сна, эмоциональную неустойчивость, повышенную возбудимость, беспокойство, снижение аппетита, учащение сердцебиения, перебои в работе сердца, неприятные

ощущения в области сердца, нестабильность артериального давления (АД), ухудшение показателей психологического статуса (усиление тревожности, усталости, агрессивности).

По результатам нагрузочного теста с газоанализом у 17 спортсменов (35 %) с перетренированностью отмечалась дистрофия миокарда в виде инверсии зубца Т более, чем в 2 отведениях, у 15 спортсменов (30 %) регистрировались наджелудочковые нарушения ритма сердца, у 5 (10 %) – одиночные желудочковые экстрасистолы. В группе здоровых спортсменов указанных изменений не было. Пиковая мощность нагрузки, выполненной спортсменом с перетренированностью, была достоверно ниже и составляла $1,9 \pm 0,2$ Вт/кг, в группе здоровых – $3,2 \pm 0,4$ Вт/кг. Также отмечалось более низкое пиковое потребление кислорода (VO_{2peak}) до $34,0 \pm 2,0$ мл/мин/кг по сравнению с группой здоровых спортсменов – $43,0 \pm 2,2$ мл/мин/кг ($p < 0,05$). Показатель потребления кислорода (VO_2) на уровне порога анаэробного обмена (ПАНО) был выше в группе здоровых спортсменов и составлял $39,2 \pm 0,67$ мл/мин/кг, тогда как у спортсменов в группе с перетренированностью его значение было равно $31,48 \pm 0,82$ мл/мин/кг ($p < 0,05$).

Исходные показатели АД в группе спортсменов с перетренированностью и здоровых спортсменов были в пределах нормы и регистрировались на уровне систолического артериального давления (САД): $124,7 \pm 1,3$ мм рт.ст. и $122 \pm 1,2$ мм рт.ст., – и диастолического артериального давления: (ДАД) $76 \pm 0,7$ мм рт.ст. и $73 \pm 0,9$ мм рт.ст. соответственно. Однако, при проведении нагрузочного тестирования у 12 спортсменов с перетренированностью (25 %) отмечался гипертонический тип реакции на нагрузку с максимальным САД $220 \pm 9,8$ мм рт.ст. и ДАД $93 \pm 4,6$ мм рт.ст., что расценивалось нами, как проявление синдрома вегетативной дисфункции.

Анализ исходных показателей ЧСС в группе спортсменов с перетренированностью указывал на гиперсимпатикотонию и соответствовал $85,0 \pm 3,0$ уд/мин, что было достоверно выше по сравнению с группой здоровых добровольцев – $58,4 \pm 2,3$ уд/мин. Отмечалось также снижение скорости восстановления по пульсу после нагрузок, что является важным показателем. Так, к 5-й минуте восстановления ЧСС

Таблица 1

Показатели вариабельности сердечного ритма у обследуемых спортсменов

Параметры	Референсные значения []	Спортсмены с синдромом перетренированности (n = 50)	Контрольная группа (n = 25)	p
HF, мс ²	975 ± 2 03	978 ± 75,71	1656,54 ± 101,08	< 0,05
LF, мс ²	1170 ± 416	1972,86 ± 111,4	1310,86 ± 102,2	< 0,05
LF/HF, у.ед	1,5–2,0	2,0 ± 0,02	0,8 ± 0,03	< 0,05
TP, мс ²	3466 ± 1018	3684,89 ± 381	4388,00 ± 389	> 0,05

Примечание:

HF (high frequency) – мощность высокочастотной составляющей спектра;

LF (low frequency) – мощность низкочастотной составляющей спектра;

LF/HF – соотношение низкочастотной и высокочастотной составляющей спектра;

TP (total power) – общая мощность спектра;

* – p < 0,05 – достоверность различий по сравнению с контрольной группой.

в группе с перетренированностью была достоверно выше и составляла $135 \pm 5,2$ уд/мин, в группе здоровых – $74,2 \pm 3,3$ уд/мин.

По данным ЭКГ покоя, во всех группах наблюдались единичные случаи атриовентрикулярной блокады 1 степени, неполная блокада правой ножки пучка Гиса (НБПНПГ), внутрипредсердная миграция водителя ритма.

При эхокардиографическом обследовании статистически достоверной разницы параметров у спортсменов разных групп установлено не было.

При оценке вариабельности сердечного ритма отмечено, что у 96 % обследуемых спортсменов выявлены признаки активации симпатической нервной системы. Регистрировалась более высокая частота сердечных сокращений (ЧСС) с соответствующим уменьшением интервала RR до $868,8 \pm 7$ мс по сравнению с группой здоровых спортсменов – $950,4 \pm 7$ мс (p < 0,01).

При анализе спектральных показателей было показано наличие признаков вегетативного дисбаланса у спортсменов в группе сравнения, который был обусловлен более низким уровнем парасимпатической активности (табл. 1). Значение мощности спектра волн высокой частоты, отвечающих за парасимпатическую активность (high frequency – HF), было более низким и составило $978,00 \pm 75,71$ мс² (в контрольной группе – $1656,54 \pm 101,08$ мс², p < 0,05), тогда как этот показатель для волн высокой частоты (low frequency – LF), отвечающих за активность симпатического звена,

был более высоким – $1972,86 \pm 111,44$ мс² (в группе здоровых – $1310,86 \pm 102,2$ мс²). При анализе относительных показателей выявлено закономерное увеличение соотношения спектральных мощностей волн, среднее значение которого находилось на верхней границе референсных значений ($2,00 \pm 0,02$) (см. табл. 1). Обращало на себя внимание снижение общей мощности спектра (TP – total power) у спортсменов группы сравнения, в сравнении со здоровыми атлетами.

В группе с перетренированностью также отмечался повышенный уровень фермента креатинфосфокиназы до $444,32 \pm 2,8$ ед/л, по сравнению со здоровыми – $206 \pm 2,3$ ед/л (p < 0,01). Уровень КФК MB, АЛТ и АСТ у всех обследованных спортсменов был в пределах нормы и составил $18,0 \pm 0,5$ ед/л, $22 \pm 1,8$ ед/л, $20,0 \pm 1,2$ ед/л соответственно.

Профиль состояний настроения у спортсменов, оцениваемый с помощью психологической рейтинговой шкалы (тест POMS), выявил следующие изменения. В группе с перетренированностью, по сравнению с группой здоровых спортсменов, имелись изменения эмоционального состояния, сопровождающиеся снижением устойчивости к психологическим стрессорным воздействиям, проявляющиеся достоверным увеличением показателей: тревожности (p < 0,05), депрессии (p < 0,05), враждебности по отношению к окружающим (p < 0,05), усталости (p < 0,05) и снижения энергичности (p < 0,05), что клинически соответствует предъявляемым жалобам спортсменов (табл. 2).

Данные профиля состояний настроения (теста POMS)

Показатель	Спортсмены с синдромом перетренированности (n = 50)	Здоровые спортсмены (n = 25)	p
T напряжение –тревожность	56,16 ± 1,3*	43,56 ± 1,3	< 0,05
D депрессия –подавленность	44,68 ± 0,22*	41,52 ± 0,21	< 0,05
A гнев –агрессивность	50,48 ± 0,38*	42,88 ± 0,37	< 0,05
V сила –энергичность	46,04 ± 0,27*	51,16 ± 0,31	< 0,05
F усталость –инертность	45,72 ± 0,28*	41,48 ± 0,26	< 0,05
C неуверенность –замешательство	43,66 ± 0,33	42,28 ± 0,31	> 0,05

Примечание: * – p < 0,05 – достоверность различий по сравнению с контрольной группой.

Таким образом, при исследовании особенностей клинико-функционального состояния спортсменов с синдромом перетренированности, помимо субъективных симптомов, выявлено наличие дистрофии миокарда, желудочковых и наджелудочковых нарушений ритма сердца, уменьшение общей и аэробной работоспособности со снижением скорости восстановления после нагрузочного тестирования. Установлена вегетативная дисфункция с повышением активности симпатической нервной системы, подтвержденная показателями вариабельности сердечного ритма: снижение общей мощности спектра и преобладание гиперсимпатикотонии, проявляющейся перераспределением спектральных компонентов (повышение мощности LF-спектра, снижение значений HF-спектра). Отмечено повышение уровня креатинфосфокиназы крови и изменение профиля состояний настроения со снижением устойчивости к психологическим стрессорным воздействиям.

В результате проведенного лечения установлена положительная динамика клинико-функциональных проявлений синдрома перетренированности в обеих группах спортсменов, однако наиболее выраженная динамика была в 1 группе, получавшей инфузии фосфокреатина. Субъективно спортсмены отмечали повышение работоспособности, выносливости, спортивных результатов, эмоциональную устойчивость, отсутствие неприятных ощущений в области сердца, сердцебиения и перебоев в работе сердца.

По данным нагрузочного тестирования с газоанализом инверсия зубца T купирована у 6 из 10 спортсменов, что свидетельствовало об улучше-

нии метаболических процессов в сердечной мышце (в контрольной группе у 2 из 7 спортсменов). Установлена нормализация ритма сердца: желудочковые (ЖЭ) и наджелудочковые (НЖЭ) экстрасистолы купировались у 3 из 4 и у 6 из 9 спортсменов, соответственно, имевших их до лечения (в группе контроля ЖЭ сохранялись, а НЖЭ купировались у 2 из 6 спортсменов). Пиковая мощность нагрузки в группе, получавшей инфузии фосфокреатина, увеличилась на 62 % с $1,85 \pm 0,2$ Вт/кг до $3,00 \pm 0,33$ Вт/кг (p < 0,05), в контрольной группе динамика незначительная: с $1,9 \pm 0,3$ Вт/кг до $2,1 \pm 0,3$ Вт/кг. Пиковое потребление кислорода (VO_{2peak}) увеличилось на 18 %, с $33 \pm 0,4$ до $39 \pm 0,3$ мл/мин/кг (p < 0,05), в группе контроля динамика незначительная (на 6 %) (p > 0,05). Показатель потребления кислорода (VO_2) на уровне ПАНО увеличился с $30,48 \pm 1,80$ мл/мин/кг до $37,14 \pm 1,9$ мл/мин/кг (p < 0,01) и с $31,36 \pm 1,7$ мл/мин/кг до $34,28 \pm 1,8$ мл/мин/кг (p > 0,05) в 1 и 2 группах соответственно.

Отмечено статистически достоверное снижение частоты сердечных сокращений в покое до проведения нагрузочного тестирования. ЧСС снизилась с $82,92 \pm 1,83$ уд/мин до $63,82 \pm 1,58$ уд/мин (p < 0,05), в контрольной группе динамика показателей была менее выражена: с $86,2 \pm 2$ уд/мин до $76 \pm 1,58$ уд/мин.

Анализ вариабельности сердечного ритма показал изменения в 1-й группе пациентов. После проведенных инфузий фосфокреатина нивелировался уровень симпатических влияний. Установлено достоверное перераспределение спектральных компонентов в сторону HF-мощности спектра.

Таблица 3

Сравнение изменений уровня артериального давления и хронотропности миокарда ($M \pm m$) в группах на фоне инфузий фосфокреатина

Показатель	1 группа (n = 25)		2 группа (контрольная) (n = 25)	
	до	после	до	после
ЧСС, уд/мин	79,92 ± 1,83	59,82 ± 1,58**	78,16 ± 1,93	70,28 ± 1,58*
АД сист., мм рт.ст.	139,72 ± 1,54	118,36 ± 1,44**	137,24 ± 1,62	125,28 ± 1,27*
АД диаст., мм рт.ст.	85,48 ± 1,13	72,58 ± 1,28**	84,40 ± 1,13	82,28 ± 1,11

Примечания: ЧСС – частота сердечных сокращений; АД сист. – систолическое артериальное давление; АД диаст. – диастолическое артериальное давление.

Достоверность различий (p) до и в процессе терапии: * – p < 0,05; ** – p < 0,01.

Таблица 4

Показатели вариабельности сердечного ритма

Показатель	1 группа (n = 25)		2 группа (n = 25)	
	до	после	до	после
HF, мс ²	980 ± 68	1556,54 ± 101,3*	978,00 ± 57,71	999,01 ± 67,72
LF, мс ²	1968,1 ± 115,1	1328,86 ± 102,32*	1972,86 ± 121,44	1773,84 ± 116,45
LF/HF, у.ед	2 ± 0,15	0,8 ± 0,54*	2 ± 0,02	1,7 ± 0,03
ЧСС, уд/мин	79,77 ± 5,75	62,43 ± 5,43	78,26 ± 6	72,23 ± 5,7

Примечание:

HF (high frequency) – мощность высокочастотной составляющей спектра;

LF (low frequency) – мощность низкочастотной составляющей спектра;

LF/HF – соотношение низкочастотной и высокочастотной составляющей спектра;

ЧСС – частота сердечных сокращений.

* – p < 0,05 – достоверность различий по сравнению с контрольной группой.

Таблица 5

Данные психологического тестирования (POMS)

Показатель	1 группа (n = 25)		2 группа (контрольная) (n = 25)	
	до	после	до	после
T напряженность – тревожность	52,48 ± 0,36	41,48 ± 0,36**	53,16 ± 0,30	51,16 ± 0,30*
D депрессия – подавленность	44,40 ± 0,24	40,4 ± 0,24**	44,68 ± 0,22	43,68 ± 0,36
A гнев – агрессивность	50,5 ± 0,31	41,25 ± 0,31**	50,28 ± 0,38	50,45 ± 0,34
V сила – энергичность	46,12 ± 0,27	51,52 ± 0,27**	46,04 ± 0,27	46,45 ± 0,34
F усталость – инертность	45,8 ± 0,25	41,23 ± 0,2**	45,52 ± 0,28	40,47 ± 0,24*
C неуверенность – замешательство	42,60 ± 0,35	42,59 ± 0,45	42,56 ± 0,33	41,64 ± 0,85

Примечания: достоверность различий (p) до и в процессе терапии: * – p < 0,05; ** – p < 0,01.

В контрольной группе достоверной динамики показателей не отмечено (табл. 4).

Установлена нормализация значений креатинфосфокиназы по данным лабораторных показателей: в 1 группе спортсменов на 45 %, с 402,32 ± 1,35 Ед/л до 220,66 ± 2,21 Ед/л (p < 0,01), во 2 группе на 27 %, с 399,80 ± 1,29 Ед/л до 290,49 ± 3,28 Ед/л (p < 0,01).

По результатам психологического тестирования было установлено, что в группе, получавшей

фосфокреатин, отмечалась динамика по наибольшему количеству показателей. Установлено достоверное снижение тревожности, депрессии, чувства собственной неполноценности, агрессии по отношению к окружающим, усталости, увеличение работоспособности и силы, в то время как в контрольной группе нормализация показателей была установлена только по показателям тревожности и усталости (табл. 5).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенным исследованием установлено, что присоединение к базовым восстановительным мероприятиям инфузий фосфокреатина (неотона) значительно повышает эффективность восстановления спортсменов с физическим перенапряжением, перегрузкой и перетренированностью за счет кардиопротективного эффекта фосфокреатина, способствуя устранению вегетативной дисфункции со снижением активности симпатических влияний, нормализации уровня креатинфосфокиназы крови, что сопровождается нормализацией клинико-функциональных проявлений синдрома хронического напряжения: купированием клинических симптомов, достоверным снижением частоты сердечных сокращений и уровня артериального давления, улучшением вариабельности сердечного ритма, восстановлением показателей аэробной эффективности в велоэргометрическом тесте, улучшению психологического статуса с повышением устойчивости к психологическим стрессорным воздействиям, адаптации к экстремальным физическим нагрузкам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Meeusen R, Duclos M, Foster C, Fry A, Gleeson M, Nieman D, Raglin J, Rietjens G, Steinacker J, Urhausen A; European College of Sport Science; American College of Sports Medicine. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc.* 2013 Jan;45(1):186–205. doi: 10.1249/MSS.0b013e318279a10a. PMID: 23247672.
2. Chang CJ, Putukian M, Aerni G, Diamond AB, Hong ES, Ingram YM, Reardon CL, Wolanin AT. Mental Health Issues and Psychological Factors in Athletes: Detection, Management, Effect on Performance, and Prevention: American Medical Society for Sports Medicine Position Statement. *Clin J Sport Med.* 2020 Mar;30(2):e61–e87. doi: 10.1097/JSM.0000000000000817. PMID: 32000169.
3. Bogdanis GC, Nevill ME, Aphasios G, Stavrinou PS, Jenkins DG, Giannaki CD, Lakomy HKA, Williams C. Effects of Oral Creatine Supplementation on Power Output during Repeated Treadmill Sprinting. *Nutrients.* 2022 Mar 8;14(6):1140. doi: 10.3390/nu14061140. PMID: 35334797; PMCID: PMC8950892.
4. Forbes SC, Candow DG, Neto JHF, Kennedy MD, Forbes JL, Machado M, Bustillo E, Gomez-Lopez J, Zapata A, Antonio J. Creatine supplementation and endurance performance: surges and sprints to win the race. *J Int Soc Sports Nutr.* 2023 Dec;20(1):2204071. doi: 10.1080/15502783.2023.2204071. PMID: 37096381; PMCID: PMC10132248.
5. Vnučák M, Michalová R Jr, Graňák K, Benko J, Mokáň M. Potential possibility of phosphocreatine usage in internal medicine. *Vnitř Lek.* 2019 Winter;65(1):30–36. English. PMID: 30823835.
6. The World Anti-Doping Code. The revised 1 January 2021. Published by: World Anti-Doping Agency Stock Exchange www.wada-ama.org. P. 182.
7. Бокерия Л. А., Бокерия О. Л., Волковская И. В. Вариабельность сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое значение. *Анналы аритмологии.* 2009;4; с. 21–32.

ДИАГНОСТИКА МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОГО КЛАССА

УДК 61:796/799

Л.И. Дергачева¹, А.В. Жолинский¹, И.Т. Выходец^{2,3}, А.А. Павлова¹, С.А. Парастаев^{1,3}

¹ Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации
Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

² Федеральное медико-биологическое агентство, г. Москва, Россия

³ Российский национальный исследовательский медицинский университет
имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Ранее считалось, что профессиональные спортсмены на фоне регулярных физических нагрузок значительной продолжительности и интенсивности имеют очень низкий риск развития метаболического синдрома (МС). Однако в свете полученных в последние годы данных актуальным представляется мониторинг атлетов высокой квалификации, в частности, среди представителей видов спорта и спортивных дисциплин, в которых избыточная масса тела не лимитирует спортивную производительность. В ходе работы учитывалась также патофизиологическая взаимосвязь метаболического риска с развитием широкого спектра заболеваний. Верификация МС осуществлялась на основе международных критериев диагностики с ориентацией на возможно более раннее его выявление. Исследование основано на данных ретроспективного (массив данных медицинской информационной аналитической системы – МИАС) и проспективного фрагментов (пилотный проект). Подобный подход позволил разработать алгоритм обследования спортсменов на стадии доклинических (неманифестных, малосимптомных) проявлений МС. Диагностированный подобным образом симптомокомплекс весьма вариативен, в связи с чем программы курации (динамическое наблюдение/коррекция) должны формироваться с учетом индивидуальных особенностей каждого конкретного спортсмена, как с позиции его морфофункционального статуса, так и в соответствии с преобладающей симптоматикой.

Ключевые слова: спорт высших достижений, спортсмены международного уровня, метаболический синдром, инсулинорезистентность, алгоритм диагностики.

DIAGNOSIS OF METABOLIC SYNDROME IN ELITE ATHLETES

L.I. Dergacheva¹, A.V. Zholinsky¹, I.T. Vykhodets^{2,3}, A.A. Pavlova¹, S.A. Parastayev^{1,3}

¹ The Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation
of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

² The Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

³ Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

SUMMARY

It was previously believed that professional athletes with regular physical activity of considerable duration and intensity have a very low risk of developing metabolic syndrome (MS). However, in the light of the data obtained in recent years, it is relevant to monitor highly qualified athletes; in particular, among representatives of sports and sports disciplines in which excess body weight does not limit athletic performance. The pathophysiological relationship between metabolic risk and the development of a wide range of diseases was also taken into account. MS verification was carried out on the basis of international diagnostic criteria with orientation on its earlier detection. The study was based on retrospective (data array of the Medical Information Analytical System - MIAS) and prospective fragments (pilot project). Such an approach allowed us to develop an algorithm for examining athletes at the stage of preclinical (non-manifest, low-symptom) manifestations of MS. The symptom-

complex diagnosed in this way is very variable; therefore, curative programmes (dynamic observation/correction) should be formed taking into account the individual characteristics of each specific athlete, both in terms of his morphofunctional status and in accordance with the predominant symptomatology.

Key words: *top-level sports, elite (high-performance) athletes, metabolic syndrome, insulin resistance, diagnostic algorithm.*

ВВЕДЕНИЕ

Согласно определению, метаболический синдром является наднормальным понятием и характеризуется увеличением массы висцерального жира, снижением чувствительности периферических тканей к инсулину и гиперинсулинемией, которые вызывают развитие нарушений углеводного, липидного, пуринового обменов, а также способствуют формированию артериальной гипертензии (АГ).

В России критерии его диагностики были разработаны Всероссийским научным обществом кардиологов совместно с Российской ассоциацией эндокринологов и включают в себя основные и дополнительные признаки;

основные:

- окружность талии (ОТ) более 80 см у женщин и более 94 см у мужчин (как проявление абдоминального ожирения);

дополнительные:

- уровень АД > 140 и 90 мм рт.ст. или лечение АГ-препаратами;

- повышение уровня триглицеридов ($\geq 1,7$ ммоль/л);

- снижение уровня холестерина липопротеидов высокой плотности (ХС ЛПВП) ($< 1,0$ ммоль/л у мужчин; $< 1,2$ ммоль/л у женщин);

- повышение уровня холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС ЛПНП) ($> 3,0$ ммоль/л);

- нарушенная толерантность к глюкозе (НТГ): повышенный уровень глюкозы плазмы через 2 ч. после нагрузки 75 г безводной глюкозы при пищевом глюкозотолерантном тесте (ПГТТ) – $\geq 7,8$ и менее $< 11,1$ ммоль/л, при условии, что уровень глюкозы плазмы натощак составляет менее 7,0 ммоль/л;

- или нарушенная гликемия натощак (НГН) – повышенный уровень глюкозы плазмы натощак $\geq 6,1$ и $< 7,0$ ммоль/л, при условии, что глюкоза плазмы через 2 ч. при ПГТТ составляет менее 7,8 ммоль/л;

- или комбинированное нарушение НГН/НТГ – повышенный уровень глюкозы плазмы натощак $\geq 6,1$ и $< 7,0$ ммоль/л в сочетании с глюкозой плазмы через 2 ч. при ПГТТ $\geq 7,8$ и $< 11,1$ ммоль/л.

Диагноз «МС» является достоверным при наличии 3 критериев: 1 основного и 2 дополнительных [1, 2].

В зарубежной литературе также акцентируется внимание на том, что именно абдоминальное (с современных позиций – висцеральное) ожирение считается обязательным симптомом, без которого диагностировать МС неправомерно [3].

Современными исследователями подчеркивается, что МС является интегральным понятием: его наличие у пациента увеличивает риск развития не только нарушений углеводного обмена, но и провоцирует прогрессирование сердечно-сосудистых заболеваний и их осложнений, ряда воспалительных, гастроэнтерологических и онкологических болезней, и это выводит его из сферы «чистой» эндокринологии в смежные медицинские дисциплины – терапию и гастроэнтерологию (в связи с высокой вероятностью развития неалкогольной жировой болезни печени – НАЖБП), кардиологию (кардио-метаболические риски) и др. [4].

Что касается биологических функций жировой ткани, то, помимо депонирования энергетических ресурсов, она посредством адипокинов, обеспечивающих ее многообразные взаимодействия с различными органами и системами, включая центральную нервную систему, участвует в регуляции обмена липидов и глюкозы, а также чувствительности тканей к инсулину, баланса энергии. Адипокинами обеспечивается патофизиологическая связь между жировыми клетками и кардиометаболическими изменениями, обменными нарушениями, избыточной активацией системного воспаления, окислительного стресса и рядом метаболических дисфункций. На сегодняшний день описаны более 600 адипокинов, метаболитов, сфинголипидов и гормонов (лептин, резистин, адипонектин и др.),

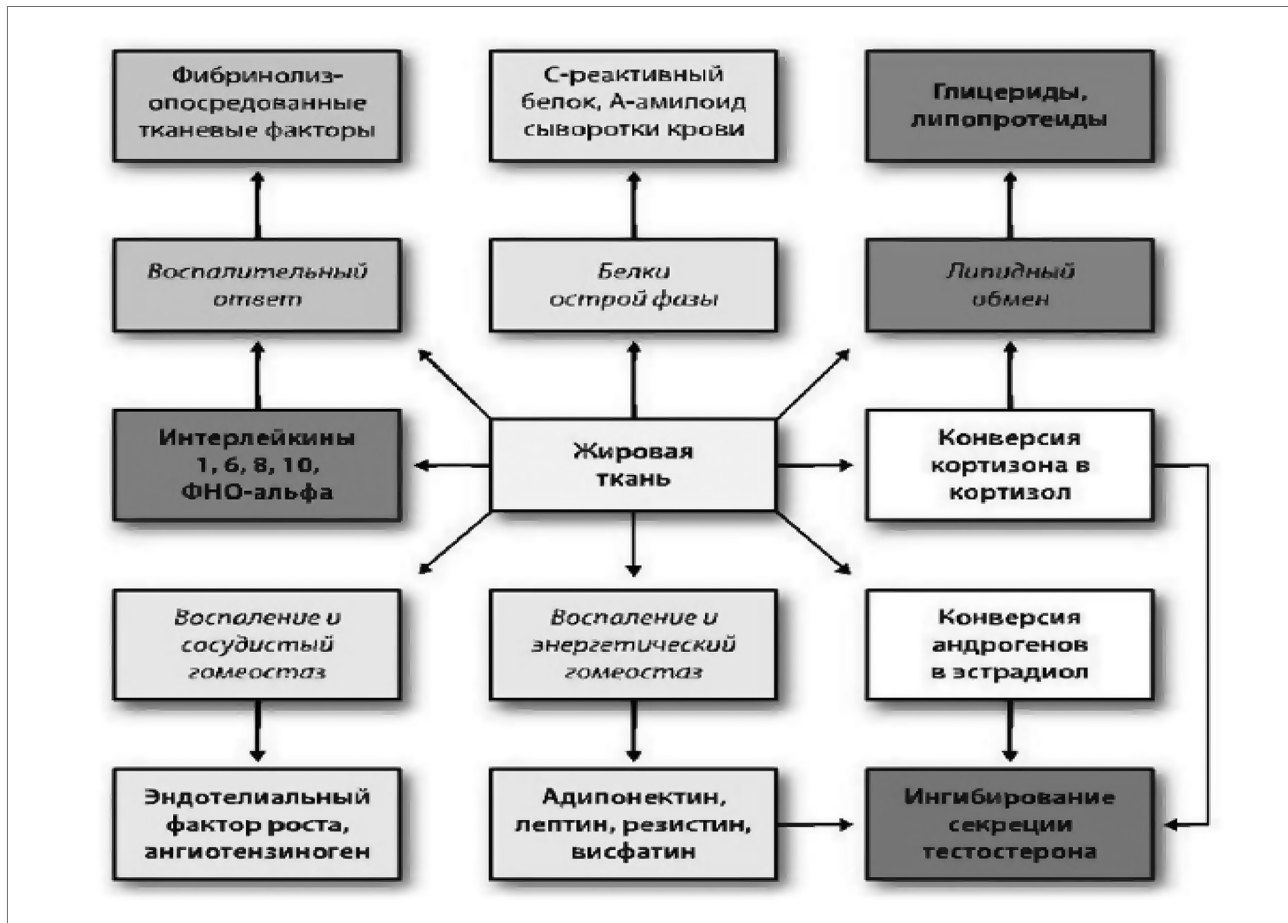


Рис. 1 – Схематическое изображение эндокринной активности жировой ткани (приведено по: [5])

вырабатываемых висцеральными адипоцитами, что позволяет позиционировать жировую ткань как полноценный эндокринный (регуляторный) орган (рис. 1).

Факт признания ведущей роли висцерального ожирения в патогенезе МС предполагает необходимость детализированной оценки качественных и количественных характеристик соответствующего типа жировых отложений: компьютерная (КТ) и магнитно-резонансная (МРТ) томографии, а также двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (dual-energy X-ray absorptiometry, ДРА/DEXA), выполненная по специальным программам определения индексов структуры тела по областям; однако перечисленные методы являются дорогостоящими и не всегда доступными (особенно в условиях проведения соревнований, пребывания на тренировочных сборах). В связи с этим в батарею тестов первичной оценки спортсменов с повышенным индексом массы тела (ИМТ более 25), окружностью талии более 94 см у мужчин и 80 см у женщин мо-

жет быть включено проведение биоимпедансного анализа (БИА) или биоимпедансометрии – с определением процентного содержания жира (% жира) и тощей массы. Результаты БИА сопоставимы с данными ДРА/DEXA (коэффициент корреляции от 0,84 до 0,99 в зависимости от индекса массы тела пациента) [6]. Отмеченные в литературе положительные свойства биоимпедансометрии: неинвазивность, отсутствие лучевой нагрузки, хорошая воспроизводимость и достоверность получаемых результатов, относительно низкая стоимость исследования и возможность использования прибора в «полевых» условиях [7].

Альтернативным направлением исследований стал поиск эктопических депо висцеральной жировой ткани (ВЖТ) вокруг различных внутренних органов. Были описаны эпикардиальные, периваскулярные, ренальные и другие жировые отложения – с высокими значениями коэффициентов корреляции с количеством абдоминального висцерального жира.

С точки зрения ассоциации с сердечно-сосудистыми рисками, наиболее изученным на сегодня является эпикардальное эктопическое висцеральное ожирение, которое выявляется при проведении трансторакальной эхокардиографии. В настоящее время разработан также и количественный метод оценки эпикардальной жировой ткани (ЭЖТ) при проведении эхокардиографии (ЭхоКГ), предложенный в 2003 г. Iacobellis G, et al., результаты которого коррелируют с объемом ЭЖТ по данным МРТ ($0,91$, $p < 0,01$) и количеством абдоминальной ВЖТ по данным мультиспиральной КТ [10].

Надо отметить, адипоциты эпикардальной жировой ткани имеют меньшие размеры, чем клетки жировой ткани брюшной полости, хотя спектр их гормональной и биологической активности, пара- и вазокринной секреции намного превышает аналогичный спектр других висцеральных жировых депо, прежде всего, по выработке провоспалительных и атерогенных адипокинов (фактора некроза опухолей альфа – TNF- α , интерлейкинов – IL 1,6,8, ингибитора активатора плазминогена-1 и других), адипокинов, обладающих гормональной активностью (в частности, уже упоминавшихся лептина, резистина, адипонектина), факторов, стимулирующих фиброз (активина А и др.), факторов роста и ремоделирования сердца и сосудов (ангиотензиногена, ангиотензина-II, сосудистого эндотелиального фактора роста и др.) [8, 9]. В связи с этим эпикардальная жировая ткань при некоторых патологических состояниях становится липотоксическим, протромботическим и атерогенным органом, оказывающим воздействие на миокард и коронарные артерии через паракринную и вазокринную секрецию медиаторов воспаления. Доказана также ассоциация ЭЖТ с выраженностью метаболических нарушений: уровнем С-реактивного белка (СРБ), фибриногена, липидов плазмы крови, инсулинорезистентностью (ИР) и маркерами гормональной активности висцерального жира, что служит доказательством системных эффектов эпикардального жира. Очень важна и роль ЭЖТ в развитии различной кардиоваскулярной патологии (в т. ч. ишемической болезни сердца [ИБС]). Дело в том, что локальные паракринные и вазотропные эффекты этого вида висцеральной

жировой ткани имеют самостоятельное патогенетическое значение – в дополнение к имеющимся у пациента классическим факторам сердечно-сосудистого риска, в том числе в дополнение к отрицательным факторам абдоминального висцерального ожирения в целом [11, 12].

Принято считать, что объединяющей основой проявлений МС является первичная ИР и сопутствующая (транзиторная или постоянная) гиперинсулинемия, хотя до настоящего времени возможные причины и механизмы развития ИР при висцеральном ожирении окончательно не изучены и не все составляющие МС можно четко связать и объяснить феноменом снижения чувствительности тканей к инсулину [13]. Клинические исследования с применением наиболее точного метода определения данного вида чувствительности клеток – эугликемического гиперинсулинемического клэмп – показали прямую зависимость между степенью развития абдоминально-висцеральной жировой ткани и выраженностью ИР [14]. Гиперинсулинемия, развивающаяся в рамках МС, является, с одной стороны, компенсаторной, направленной на поддержание адекватного транспорта глюкозы в клетки, с другой – патологической, способствующей возникновению и развитию метаболических, гемодинамических нарушений и развитию сопряженных заболеваний. Интенсивный липолиз в висцеральных адипоцитах приводит к выделению избыточного количества свободных жирных кислот (СЖК). В мышцах СЖК препятствуют утилизации глюкозы миоцитами, что ведет к гипергликемии и компенсаторной гиперинсулинемии.

Из клинических проявлений МС первичной чаще всего является артериальная гипертензия. В ее развитии основную роль играет ИР и компенсаторная гиперинсулинемия, которая за счет блокады трансмембранных ионообменных механизмов (Na^+ , K^+ и Ca^{2+} -зависимой АТФазы) увеличивает содержание внутриклеточного Na^+ и Ca^{2+} и уменьшает содержание ионов K^+ , что увеличивает чувствительность сосудистой стенки к прессорным воздействиям. Кроме того, ИР стимулирует активность симпатической нервной системы и ренин-ангиотензиновой системы, что приводит к увеличению сосудистого тонуса [15].

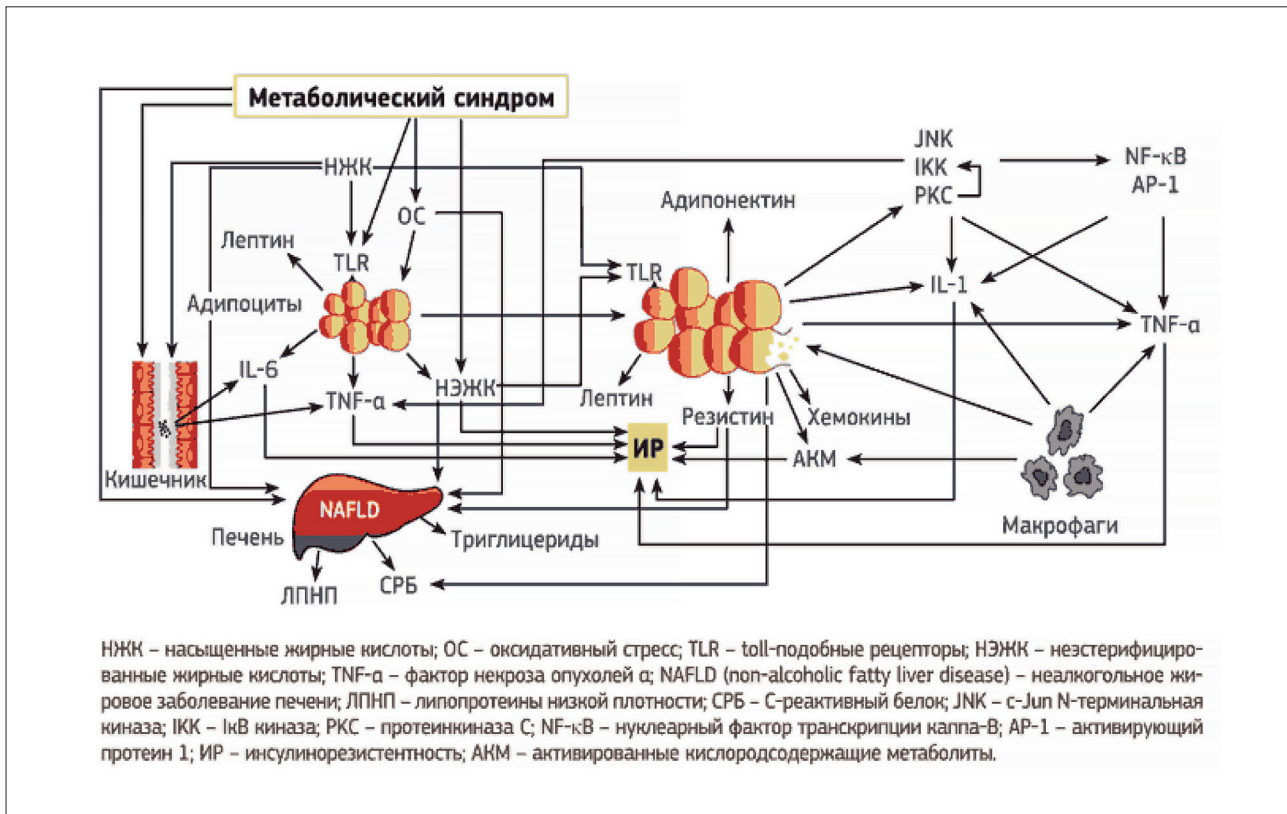


Рис. 2 – Механизмы взаимосвязанного развития воспаления и инсулинорезистентности при метаболическом синдроме (приведено по: [17])

При синдроме ИР развивается дисфункция эндотелия сосудов, в частности, за счет нарушения синтеза в сосудистой стенке оксида азота. Оксид азота тормозит адгезию моноцитов к эндотелию сосудистой стенки, снижает перекисное окисление липидов за счет своего антиоксидантного действия, контролирует пролиферацию гладкомышечных клеток и является мощным вазодилататором. Таким образом, оксид азота предотвращает повреждение стенок сосудов. Формирование дисфункции эндотелия при ИР способствует ускорению развития атеросклеротических повреждений сосудов, что подтверждено многочисленными исследованиями. Дополнительный стимул в развитие ишемических сердечно-сосудистых проявлений вносит хроническое воспаление (повышение в крови уровня СРБ, TNF-α, интерлейкинов и других провоспалительных цитокинов), характерное для МС [16].

Механизмы взаимосвязанного развития воспаления и инсулинорезистентности при метаболическом синдроме представлены на рис. 2.

В последние годы все больше значения придается показателям артериальной жесткости –

в контексте их возможной роли в стратификации сердечно-сосудистого риска при МС. Выполненные мета-анализы подтвердили значение каротидно-фemorальной скорости пульсовой волны (СПВ) в аорте как предиктора сердечно-сосудистых осложнений и смертности. Согласительное заявление европейских экспертов по артериальной жесткости 2012 г. утверждает, что ухудшение высокоэластических свойств аорты может выступать в роли фактора, способного обеспечить более точное прогнозирование сердечных рисков, и показатель СПВ имеет явные преимущества перед оценкой классических кардиоваскулярных рисков, так как напрямую отражает реально существующее поражение сосудистой стенки [18]. Было показано, что висцеральное ожирение является фактором, ускоряющим развитие артериальной жесткости. Многие исследования показывают наличие взаимосвязи между выраженностью и метаболической активностью периваскулярной эктопической висцеральной жировой ткани и процессами сосудистого ремоделирования [19, 20].

В рамках выявления риска развития МС и его ранней диагностики важным исследованием представляется и оценка состояния гепатобилиарной системы. Согласно определению НАЖБП (синонимы: метаболически обусловленная жировая болезнь печени, метаболический стеатогепатит – это приобретенное метаболическое стресс-индуцированное заболевание, ассоциированное с ИР, имеющее сходную с алкогольным поражением гистологическую картину, но возникающее при отсутствии злоупотребления алкоголем или других возможных причин развития патологии печени. В ряде случаев она предшествует развитию МС, а в большинстве – сопровождает его [21]. Диагностическим критерием НАЖБП, по данным магнитно-резонансной томографии или морфологического исследования, является содержание липидов в гепатоцитах $\geq 5\%$ [22].

Как известно, гипертриглицеридемия часто встречается у спортсменов высокого класса, обеспечивая энергетическую поддержку организма во время интенсивных тренировок. В патогенезе НАЖБП, кроме накопления избыточного количества триглицеридов в печени, важную роль играет и индукция оксидативного стресса, который сопровождает нагрузки высокой интенсивности (при преодолении порога анаэробного обмена).

Несмотря на то, что рутинные методы лабораторного тестирования, включающие определение печеночных ферментов и маркеров (клинический анализ крови, параметры биохимического спектра: международное нормализованное отношение [МНО], билирубин, трансаминазы [АЛТ, АСТ и γ -ГТ, щелочная фосфатаза, альбумин, ферритин]), активно используются в диагностике патологии печени, повышение уровня АЛТ и АСТ выявляется только у 1/3 больных с НАЖБП, и степень его повышения плохо коррелирует с тяжестью болезни. Поэтому для определения прогноза процесса их оценка непригодна [23].

Неинвазивный метод эластографии («Фиброскан»), вариант ультразвукового исследования, перспективен для оценки риска соединительнотканного перерождения печени и степени уже развившегося фиброза: метод обладает наиболее высокой степенью точности в прогнозировании прогрессирующего фиброза – 95 % чувствитель-

ность и 90 % специфичность [24]. Измерения плотности печени проводятся двумя разными датчиками – для фиброза и стеатоза, поэтому результаты позволяют давать количественную характеристику каждой патологии отдельно, что позволяет врачу правильно подобрать тактику ведения (т. к. фиброз и стеатоз лечатся по-разному).

Как уже было отмечено, в патогенезе МС чрезвычайно важное место отводится ИР. Однако выявление ее у спортсменов затруднено – в связи с выраженным влиянием интенсивных тренировок на чувствительность клеток к инсулину. Воздействие физической нагрузки на метаболизм глюкозы зависит от состава тела, типа, интенсивности и продолжительности нагрузки, характера питания спортсмена и динамики взаимной реакции инсулина и глюкозы. Так, с началом физической работы активируется а-адренергическая система, которая ингибирует секрецию инсулина поджелудочной железой; в результате усиливается липолиз и возрастает печеночный синтез глюкозы. При снижении гликемии повышается концентрация глюкагона, что еще больше стимулирует выход глюкозы из печени; когда глюкоза плазмы приближается к уровню гипогликемии, происходит выброс адреналина, что приводит к еще большему выделению глюкозы печенью и усилению липолиза. И именно повышение уровня свободных жирных кислот в крови как энергетического источника для мышц уменьшает использование ими глюкозы [25].

Но чтобы выявить имеющуюся латентную ИР у атлета, пауза в нагрузках должна составлять не менее 6–7 дней. В период же соревнований, спортивных сборов с тренировочными сессиями продолжительностью по несколько часов в день – на фоне высокоинтенсивного метаболизма – чувствительность тканей к инсулину и потребность в глюкозе резко возрастают, и даже при проведении перорального глюкозотолерантного теста (ПГТТ) с 75 г глюкозы и определением уровней глюкозы/иммунореактивного инсулина (ИРИ) каждые 30 минут имеющуюся у атлета резистентность к инсулину можно и не выявить. Поэтому для корректности результатов и прогноза спортсменам следует проводить ПГТТ во время отдыха – в межсоревновательный, т. е.

в восстановительный, период. Надо отметить, что при проведении указанного теста определяется не столько резистентность тканей к инсулину, сколько наличие и степень выраженности гиперинсулинемии. Однако и гиперинсулинемия, наряду с ИР, является важнейшим звеном в патогенезе развития основных проявлений МС.

К сожалению, к настоящему времени не приняты единые критерии оценки повышенного уровня инсулина: выдвинуты предложения считать хронической гиперинсулинемией состояние, когда концентрация ИРИ в плазме крови утром натощак выходит из диапазона от 5,3 мкЕд/мл до 25 мкЕд/мл; в качестве критерия гиперинсулинемии также обозначен уровень содержания ИРИ более 25–28 мкЕд/мл через 2 ч в рамках ПГТТ. Считается, что диагностическая ценность перорального теста возрастает, если наряду с концентрацией глюкозы и ИРИ определять еще и уровень С-пептида в плазме крови. В качестве критериев МС предлагается считать концентрацию С-пептида более 1,2 нмоль/л до начала теста и более 1,4 нмоль/л через 2 ч после приема 75 г глюкозы [26].

Для расчета ИР предложен ряд индексов. Наиболее приемлемые для использования в широкой амбулаторной практике – индексы НОМА и Caro.

Индекс НОМА-IR (homeostasis model assessment — insulin resistance) отражает в основном печеночную инсулинорезистентность и наиболее широко применяется в рутинной практике, хотя и не рекомендуется для скрининга из-за высокой вариабельности данных [27, 28]:

$$\text{НОМА-IR} = (\text{ИПН} \times \text{ГПН}) / 22,5,$$

где: ИПН – инсулин плазмы натощак (мкЕд/мл),
ГПН – глюкоза плазмы натощак (ммоль/л).

Норма < 2,7, однако значения выше 2,4 позволяют отнести человека к группе риска по развитию ИР.

$$\text{Caro} = \text{ГПН} / \text{ИРИ},$$

где: ГПН – глюкоза плазмы натощак (ммоль/л),
ИРИ – иммунореактивный инсулин натощак (мкМЕ/мл).

$$\text{Норма} > 0,33.$$

Более точным считается индекс Мацуды (Matsuda-DeFronzo), рассчитываемый также в рамках ПГТТ. Данный индекс, отражает периферическую инсулиночувствительность (ИЧ) и рассчитывается по формуле:

$$M = 10000 / \sqrt{\text{ИПН} \times \text{ГПН} \times \text{мИП} \times \text{мГП}},$$

где: ИПН – инсулин плазмы натощак (мкЕд/мл);

ГПН – глюкоза плазмы натощак (мг/дл),

мИПН и мГПН – средние показатели инсулина и глюкозы в ходе ПГТТ.

Норма – 9,3–24,9. Учитывая имеющуюся обратную корреляцию между индексами НОМА и Matsuda, предлагается в качестве некоего критического значения индекса принять значение < 7,8; ниже – наличие ИР [29].

Тест в его классической виде проводится в утреннее время, ему предшествует период голодания 12–14 часов. ИРИ и глюкозу крови смотрят: натощак, а также через 30, 60, 90 и 120 минут после нагрузки глюкозой из расчета 75 г сухого вещества на 250 мл воды [30].

Индекс Matsuda-DeFronzo отражает общую чувствительность к инсулину во время ПГТТ, т. е. печеночной, мышечной и жировой тканей, так как при его расчете используются показатели гликемии и инсулина как натощак, так и после нагрузки глюкозой. Следовательно, по изменению этого показателя можно косвенно судить не только о компенсаторной гиперинсулинемии, но и о чувствительности к инсулину, как печеночной, так и других инсулинзависимых тканей (стоит отметить, что подобная реакция организма возникает и в постпрандиальном периоде, т. е. после еды).

Инсулиногенный индекс отражает раннюю фазу секреции инсулина:

$$\text{ИГИ} = (\text{ИРИ}_{30} - \text{ИРИ}_0) / (\text{Гл}_{30} - \text{Гл}_0) \times 0,0555,$$

где ИРИ – иммунореактивный инсулин (мкЕд/мл), Гл – глюкоза (ммоль/л),

ИРИ₀, Гл₀ – инсулин и глюкоза плазмы натощак; ИРИ₃₀ и Гл₃₀ – инсулин и глюкоза на 30-й минуте ПГТТ.

Косвенную оценку инсулинорезистентности с учетом дислипидемий можно провести с помощью Метаболического индекса (VB), разработанного Ройтбергом с соавт. в 2012 г. [31, 32].

$$\text{МИ} = (\text{ТГ} \times \text{ГЛ}) / (\text{ХС} \times \text{ЛПВП}_2),$$

где ТГ – уровень триглицеридов, ммоль/л;

ГЛ – концентрация глюкозы, ммоль/л;

ХС ЛПВП – холестерин липопротеидов высокой плотности, ммоль/л.

ИР диагностируют при значении показателя МИ ≥ 7,0. Чем выше значение показателя МИ, тем

более выражена резистентность к инсулину. Вероятность отсутствия ИР при значении индекса МИ, равного или менее 7,0, составляет 93,6 % (прогностическая ценность отрицательного результата теста).

Учитывая сложность патогенеза МС и множество метаболических и функциональных взаимодействий его составляющих, согласительная группа рекомендовала дополнительные критерии, которые должны быть частью дальнейших исследований МС, и среди них: томографическая оценка висцерального ожирения и жирового гепатоза, биомаркеры жировой ткани (адипонектин, лептин), аполипопротеин В, размер частиц ЛПНП, измерение уровня инсулина и резистентности к нему – в рамках перорального теста на толерантность к глюкозе, исследование эндотелиальной дисфункции, определение показателей мочевой кислоты, альбумина, воспалительных маркеров (CRP, ФНО- α , ИЛ 6) и тромботических маркеров (ингибитора активатора плазминогена типа 1, фибриногена) [33].

Следует отметить, что фактор некроза опухоли альфа (ФНО- α) и лептин являются наиболее исследованными показателями: продемонстрировано, что при ИР и ожирении увеличивается синтез ФНО- α в адипоцитах, особенно в висцеральной жировой ткани [34].

Находясь во взаимосвязи с остальными цитокинами ФНО- α изменяет экспрессию ряда секретруемых адипоцитами факторов, таких как адипонектин, ИЛ-6, лептин и ингибитор активатора плазминогена-1, подавляет в печени экспрессию генов, участвующих в поглощении и метаболизме глюкозы и окислении жирных кислот, увеличивает экспрессию генов, вовлеченных в синтез холестерина и жирных кислот [35].

Лептин – это адипокин, который в основном вырабатывается жировой тканью пропорционально количеству жира в организме, участвует в регуляции энергетического гомеостаза, некоторых нейроэндокринных функций, кроветворения, ангиогенеза, а также репродукции и артериального давления. Химическая конфигурация лептина позволяет отнести его к семейству провоспалительных цитокинов: он считается одним из активаторов хронического воспаления при ожирении и МС. Ги-

перлептинемия стимулирует оксидативный стресс в эндотелиоцитах, разрастание гладкомышечных клеток и отложение в сосудистой стенке солей кальция и в конечном счете способствует развитию атеросклероза.

Лептинорезистентность возникает вследствие снижения чувствительности к сигналам лептина рецепторов мезолимбической системы и продолговатого мозга (отвечающих в т. ч. за формирование чувства насыщения и влечение к приему пищи) в связи с подавлением переноса лептина через гематоэнцефалический барьер при ожирении и избыточной продукции ингибиторов лептина. Продолжительное повышение его уровня приводит к увеличению содержания триацилглицеридов в жировой ткани, мышцах, печени и поджелудочной железе [36].

Адипонектин – еще один крайне важный адипокин с позитивным воздействием на метаболизм, экспрессирующийся почти исключительно в жировой ткани. При ожирении и МС происходит снижение секреции адипонектина, что ведет к развитию ИР и атеросклерозу [37]. В исследовании G. Frühbeck предложил рассматривать соотношение адипонектин/лептин как фактор, отражающий дисфункцию жировой ткани и коррелирующий с ИР более тесно, чем адипонектин или лептин по отдельности. Данное соотношение уменьшается с увеличением количества метаболических факторов риска, характеризующих функциональность жировой ткани; в итоге оно было квалифицировано в качестве прогностического маркера МС [38].

Лептин и адипонектин относятся к тем компонентам висцерального жира, которые коррелируют с толщиной эпикардального жира и субклиническими поражениями органов при МС, а также выраженностью симптоматики его составляющих [6].

ФНО- α , ИЛ-1, ИЛ-6 и другие показатели воспаления (СРБ, фибриноген) также связаны с ожирением как таковым, а также с сопутствующими ему критериями ИР. Эти факторы могут обладать определенной значимостью при прогнозировании кардиоваскулярных заболеваний и МС.

Ввиду того, что за последние десятилетия была накоплена серьезная доказательная база о ключе-

вой роли системной воспалительной активности в патогенезе атеросклероза и иной сердечно-сосудистой патологии, особую злободневность обрел целенаправленный поиск потенциально значимых для диагностики и прогнозирования кардиометаболических рисков воспалительных биомаркеров. Среди возможных кандидатов выделяется, прежде всего, СРБ, измеренный высокочувствительным методом.

Всесторонняя оценка результатов исследований, проводимых в этом направлении научного поиска, позволила сместить фокус внимания с проблематики ИР на разработку концептуальной модели, согласно которой МС рассматривается как субклиническая воспалительная реакция [39]. Вновь полученные данные свидетельствуют и об общности патофизиологических механизмов развития малосимптомного предпатологического МС, с одной стороны, а с другой – манифестных форм АГ и сахарного диабета второго типа: это воспалительный и окислительный стресс, оксид азота (NO).

МС характеризуется избыточным содержанием окисляющих субстанций, что является проявлением неэффективности системы антиоксидантной защиты в условиях развития окислительного стресса (свободных радикалов); в частности, снижением сывороточных уровней содержания витамина С и α -токоферола, активности супероксиддисмутазы (СОД), повышением уровней окисления белков и липидов [40]. Надо отметить, что интенсивные физические нагрузки являются в сущности триггером окислительного стресса, протекающего на фоне формирования относительной недостаточности антиоксидантных механизмов.

Инактивация оксида азота (ре-)активными формами кислорода (супероксидом/ионами кислорода и другими свободными радикалами) также свойственна и таким состояниям, как АГ, гиперхолестеринемия, диабет (вне зависимости от степени выраженности их симптоматики), что подтверждает рациональность превалирующих в последние годы взглядов на ИР и эндотелиальную дисфункцию как на ключевые звенья формирования и дальнейшего течения МС [41].

С учетом современных взглядов на основные звенья патогенеза МС, а также основываясь на ре-

зультатах проведенного анализа массива показателей, аккумулируемых в базе данных МИАС ФНКЦ ФГБУ ФМБА России и имеющих наиболее вероятную связь с проявлениями МС, нами был составлен алгоритм обследования на стадии доклинических проявлений метаболического синдрома.

АЛГОРИТМ ОБСЛЕДОВАНИЯ НА СТАДИИ ДОКЛИНИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА

1. Выявление наследственной предрасположенности к ожирению, сахарному диабету (СД) и нарушениям углеводного обмена, сердечно-сосудистым заболеваниям: ИБС, АГ, хронические облитерирующие заболевания артерий нижних конечностей (ХОЗАНК), цереброваскулярным болезням и др. – анкетирование (в случае введения генетического тестирования в программу предварительного медицинского обследования возможно выявление полиморфизмов генов с использованием ПЦР или NGS).

2. Анамнез жизни: особенности образа жизни, пищевые привычки – анкетирование.

3. Антропометрия (рост, вес, ИМТ, ОТ, ОБ, ОТ/ОБ).

4. Биоимпедансометрия (электросоматометрия) – определение количества (кг/м² и %) жировой массы, определение количества висцерального жира на аппарате Accuniq BC720 и выше.

5. При ИМТ > 27 и ОТ/ОБ > 0,9 у мужчин и > 0,85 у женщин (или ОТ > 102 см у мужчин и > 88 см – у женщин), или при ИМТ > 27 и выявлении избытка висцерального жира при исследовании на Accuniq BC720 (или количества жировой ткани при биоимпедансометрии). Дополнительные методы выявления висцерального жира: периваскулярного и перикардального (определение дополнительных стратификационных рисков и возможной эндотелиальной дисфункции):

а. определение показателя артериальной жесткости (при УЗДГ сосудов – по специальным программам либо на аппарате Ангиоскан) или определение эндотелина-1 в крови;

б. выявление перикардального жира (дополнительная методика при проведении ЭхоКГ).

б. Мониторинг артериального давления, ЭКГ-исследование.

7. Определение биохимических показателей, включенных в диагностические критерии метаболического синдрома: уровня триглицеридов, холестерина ХС-ЛПВП, ХС-ЛПНП, ХС-ЛПОНП апо-В липопротеидов плазмы.

8. Определение глюкозы и инсулина крови натощак, расчет индексов инсулинорезистентности НОМА и Caro, метаболического индекса.

9. При выявлении изменений в показателях, исследованных в пп. 4–6, или при ИМТ, превышающем 35, при коэффициенте ОТ/ОБ более 1,0 у мужчин и более 0,85 у женщин – проведение перорального глюкозотолерантного теста (ПГТТ) с 75 г глюкозы, с определением глюкозы и инсулина в 4 точках: натощак, через 30, 60 и 120 минут после нагрузки глюкозой, с последующим подсчетом индекса Максуда и инсулиногенного индекса. ПГТТ должен проводиться после предшествующего перерыва тренировок в течение 5–7 дней (например, в восстановительный период) и должен быть направлен на выявление латентной инсулинорезистентности и компенсаторной гиперинсулинемии (трудно диагностируемой по однократному измерению натощак в условиях ежедневных интенсивных физических нагрузок).

10. Проведение лабораторных исследований, направленных на выявление дополнительных рисков: прогрессирования метаболических нарушений, увеличения количества висцерального жира и связанных с ним липотоксичности, ИР, гиперинсулинемии, дисбаланса половых и глюкоко-(минерало-)кортикоидных гормонов; нарастания оксидативного стресса и хронического воспаления путем комплексной оценки оксидативного стресса и параметров антиоксидантной защиты, приводящих к эндотелиальной дисфункции и развитию сердечно-сосудистых заболеваний (АГ и др), неалкогольной жировой (метаболической) болезни печени и в конечном итоге – к нарушениям углеводного обмена, вплоть до развития НТГ и СД2 (в период прекращения спортивной карьеры). Для этого оцениваются параметры липидного, углеводного обмена, маркеры инсулинорезистентности и нейрогуморальной активности висцеральной жировой ткани, маркеры воспалительного статуса и состояния печени методом эластографии («Фиброскан»), показатели иммунного статуса.

При определении методов, использование которых представляется наиболее перспективным, необходимо ориентироваться на молекулярно-генетическое тестирование. Так, к сегодняшнему дню уже доказан полигенный характер формирования инсулинорезистентности. В этом процессе играют роль как мутации в гене рецептора инсулина, локализующегося на 19-й хромосоме, СІР-1 (описано более 50 его мутаций), так и генов бета3-адренорецепторов, TNF- α , гликогенсинтетазы, гормон-чувствительной липазы, а также молекулярные дефекты белков, передающих сигналы инсулина: снижение концентрации на мембранах и активности внутриклеточных транспортеров глюкозы – GLUT-4 в мышечной ткани, увеличение экспрессии Rad-белка и UPC-1 – ингибитора тирозинкиназы инсулинового рецептора в мышцах и другие нарушения [42, 43, 44]. Получены также свидетельства корреляции триплетных нарушений в структуре гена хромосомы 4 с признаками МС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение предлагаемого алгоритма в программу дополнительного обследования позволит создать реестр спортсменов из состава спортивных сборных команд РФ, имеющих метаболический синдром – для обеспечения эффективного динамического наблюдения и разработки для них индивидуальных схем питания, персонализированной нутритивной поддержки и проведения комплекса профилактических мер, направленных на предотвращение развития сопряженных с МС заболеваний. Превентивные или лечебные мероприятия должны быть направлены на всю совокупность факторов, определяющих суммарный риск развития и прогрессирования клинических проявлений; данный подход комплементарен основному принципу стратегии первичной и вторичной профилактики.

Нормализация метаболических процессов и значительное снижение рисков развития патологических состояний, вызванных МС, создает предпосылки для повышения эффективности тренировочного процесса, роста результативности в рамках соревнований и увеличения продолжительности спортивной карьеры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чазов И.Е. Диагностика и лечение метаболического синдрома: рекомендации экспертов Всероссийского научного общества кардиологов. – М.: Агентство Мединформ, 2009. – С. 6–10.
2. Ожирение. Клинические рекомендации. Общественная организация «Российская ассоциация эндокринологов». Общественная организация «Общество бариатрических хирургов». Год утверждения– 2020. https://rae-org.ru/system/files/documents/pdf/ozhirenie_vzroslye.pdf.
3. Heno F. Lopes, Maria Lúcia Corrêa Giannella, Fernanda M. Consolim Colombo, Brent M. Egan. Visceral adiposity syndrome. *Diabetol Metab Syndr* (2016) 8:40. DOI 10.1186/s13098-016-0156-2.
4. National Health and Medical Research Council. Summary Guide for the Management of Overweight and Obesity in Primary Care. Melbourne: National Health and Medical Research Council, 2013. https://extranet.who.int/ncdccc/Data/AUS_D1bic_n57-obesity-guidelines-.pdf.
5. С.Ю. Калинченко, И.А. Тюзиков, Л.О. Ворслов, Ю.А. Тишова. Ожирение, инсулинорезистентность и репродуктивное здоровье мужчины: патогенетические взаимодействия и современная патогенетическая фармакотерапия. Эффективная фармакотерапия. 27/2015, с. 66–79.
6. Мычка В.Б., Верткин А.Л., Вардаев Л.И., Дружилов М.А., Ипаткин Р.В., Калинин А.Л., Кузнецова И.В., Кузнецова Т.Ю. Т.Ю., Мехтиев С.Н., Моргунов Ю.Л., Миллер А.М., Мамедов М.Н., Осипова И.В., Пушкарь Д.Ю., Тапильская Н.И., Титаренко В.Л., Чумакова Г.А., Щекотов В.В., Аганезова Н.В., Аметов А.С., Антропова О.Н., Балан В.Е., Богачев Р.С., Демидова Т.Ю., Драпкина О.М., Луцевич О.Э., Наумов А.В., Оганов Р.Г., Паценко М.Б., Пырикова Н.В., Сигал А.С., Салов И.А., Сметник В.П., Теблов К.И., Толстов С.Н., Ульрих Е.А., Фисун А.Я., Юренева С.В., Яшков Ю.И. Консенсус экспертов по междисциплинарному подходу к ведению, диагностике и лечению больных с метаболическим синдромом. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2013;12(6):41–82.
7. Николаев Д. В., Руднев С. Г. Биоимпедансный анализ: основы метода, протокол обследования и интерпретация результатов // *Спортивная медицина: наука и практика*. – 2012. – № 2. – С. 29–36.
8. Iacobellis G, Willens H. Echocardiographic epicardial fat: a review of research and clinical applications. *J Am Soc Echocardiogr* 2009; 23: 1311–9.
9. Salazar J, Luzardo E, Mejías J, et al. Epicardial Fat: Physiological, Pathological, and Therapeutic Implications. *Cardiology Research and Practice* 2016. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1291537>.
10. Iozzo P. Metabolic toxicity of the heart: insights from molecular imaging. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2010; 20: 147–56.
11. Чумакова Г. А., Веселовская Н. Г., Гриценко О. В. и др. Эпикардальное ожирение как возможный маркер метаболического синдрома. *Кардиосоматика* 2012; 4: 51–4.
12. Druzhirov MA, Kuznetsova TYu. Epicardial fat thickness as a tool for predicting complicated obesity. *Journal of Biomedical Technologies* 2015; 2: 49–58. <http://dx.doi.org/10.15393/j6.art.2015.3261>.
13. Carvalho, Carolina A.Silva, Antônio Augusto M.et al. The dietary inflammatory index and insulin resistance or metabolic syndrome in young adults. *Nutrition*. Volume 58, February 2019, Pages 187-193.[doi.org/10.1016/j.NUT.2018.07.014](http://dx.doi.org/10.1016/j.NUT.2018.07.014).
14. Marco C Amato, Carla Giordano, Maria Pitrone. Cut-off points of the visceral adiposity index (VAI) identifying a visceral adipose dysfunction associated with cardiometabolic risk in a Caucasian Sicilian population// *Lipids in Health and Disease* 2011, 10:183.
15. Adeva-Andany M, Ameneiros-Rodríguez E, Fernández-Fernández C. et al. Insulin resistance is associated with subclinical vascular disease in humans. *World J Diabetes*. 2019 Feb 15; 10(2): 63–77. doi: 10.4239/wjd.v10.i2.63.
16. Riahi S M, Moamer S, Namdarid M et al. Patterns of clustering of the metabolic syndrome components and its association with coronary heart disease in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA): A latent class analysis. *International Journal of Cardiology*. Volume 271, 15 November 2018, Pages 13–18.
17. Чистякова О.В., Сухов И.Б., Шапов А.О. Метаболический синдром: причинно-следственные отношения между окислительным стрессом и хроническим воспалением// *Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова*. 2018. Т. 104. № 2. С. 138–155.
18. Van Bortel L, Laurent S, Boutouyrie P, et al. Expert consensus document on the measurement of aortic stiffness in daily practice using carotid-femoral pulse wave velocity. *Hypertension* 2012; 30: 445–8.
19. Lehman S, Massaro J, Schlett C, et al. Peri-aortic fat, cardiovascular disease risk factors, and aortic calcification: the Framingham Heart Study. *Atherosclerosis* 2010; 210: 656–61.

20. Verhagen S, Buijsrogge M, Vink A, et al. Secretion of adipocytokines by perivascular adipose tissue near stenotic and non-stenotic coronary artery segments in patients undergoing CABG. *Atherosclerosis* 2014; 233: 242–7.
21. Leoni S. et al. Current guidelines for the management of non-alcoholic fatty liver disease: A systematic review with comparative analysis // *World journal of gastroenterology*. – 2018. – Т. 24. – № 30. – С. 3361.
22. European Association for the Study of the Liver (EASL); European Association for the Study of Diabetes (EASD); European Association for the Study of Obesity (EASO). EASL-EASD-EASO Clinical Practice Guidelines for the management of non-alcoholic fatty liver disease. // *J Hepatol*. 2016;64(6):1388–1402.
23. Бабенко А.Ю., Лаевская М.Ю. Неалкогольная жировая болезнь печени – взаимосвязи с метаболическим синдромом. // *PMЖ*. 2018. № 1 (I). С. 34–40.
24. Merriman R.B., Ferrell L.D., Patti M.G. et al. Correlation of paired liver biopsies in morbidly obese patients with suspected nonalcoholic fatty liver disease // *Hepatology*. 2006. Vol. 44 (4). P. 874–880.
25. De Feo P, Fatone C., Mazzeschi C., Battistini D. Diabetes and exercise // Constantini N, Hackney A.C. (eds). *Contemporary endocrinology: Endocrinology of physical activity and sport*. 2nd ed. New York, NY: Springer, 2013. P. 501–511.
26. Зимин Ю.В. Происхождение, диагностическая концепция и клиническое значение синдрома инсулинорезистентности или метаболического синдрома X // *Кардиология*. – 1998. – Т. 38, № 6. – с. 71–81.
27. Matthews D.R., Hosker J.P., Rudenski A.S., Turner R.C. et al. Homeostasis model assessment: insulin resistance and β -cell function from fasting plasma glucose and insulin concentration in man // *Diabetologia*, 1985, 28: 412–419.
28. Wallace T.M., Levy J.C., Matthews D.R. Use and abuse of HOMA modeling // *Diabetes Care*, 2004, 27: 1487–1495.
29. Древаль, А.В., Мисникова, И.В., Триголосова, И.В., Барсуков, И.А. Механизмы нарушения обмена глюкозы у лиц с «предиабетом» // *Ожирение и метаболизм*. – 2009. – № 4.
30. Matsuda M, DeFronzo RA. Insulin sensitivity indices obtained from oral glucose tolerance testing. *Diabetes Care*. 1999; Vol. 22: p. 1462–1470.
31. Ройтберг Г.Е., Ушакова Т.И. Шархун О.О., Дорош Ж.В. Интегральный подход к диагностике метаболического синдрома в клинической практике. *Кардиология* 2012; (10): 45–50.
32. Г.Е. Ройтберг, Ж.В. Дорош, О.О. Шархун, Т.И. Ушакова, Е.А. Трубино. Новый метаболический индекс для диагностики инсулинорезистентности. / *Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии* 2014; 10(3) : 264–274.
33. K.G. Alberti. P. Zimmet. J. Shaw et al. The metabolic syndrome – a new worldwide definition // *Lancet*. – 2005.- Vol. 366. N9491. – P. 1059–1062.
34. Милица К.Н., Сорокина И.В., Мирошниченко М.С., Плитень О.Н. Экспрессия фактора некроза опухоли альфа у лиц с ожирением и метаболическим синдромом // дисс. на соис. ст. д.м.н., Харьков, 2016 г.
35. Беленков Ю.Н., Привалова Е.В., Каплунова В.Ю., Зекцер В.Ю., Виноградова Н.Н., Ильгисонис И.С., Шаркарьянц Г.А., Кожевникова М.В., Лишута А.С. Метаболический синдром: история развития, основные критерии диагностики. *Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии* 2018; 14(5) : 757–764.
36. Салихова Альфия Фаритовна. Особенности иммунного реагирования при метаболическом синдроме: диссертация ... кандидата медицинских наук: 14.03.09 / Салихова Альфия Фаритовна; [Место защиты: Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации]. – Челябинск, 2015. – 133.
37. Марамыгин Д.С., Ситников Р.В., Суменкова Д.В. Адипокины в патогенезе метаболического синдрома // *Инновационная наука*. 2017. № 4–3.
38. Frühbeck G, Catalán V, Rodríguez A, Ramírez B, Becerril S, Salvador J, Portincasa P, Colina I, Gómez-Ambrosi J. Involvement of the leptin-adiponectin axis in inflammation and oxidative stress in the metabolic syndrome. *Sci Rep*. 2017 Jul 26;7(1):6619.
39. Беленков Ю.Н., Привалова Е.В., Каплунова В.Ю., Зекцер В.Ю., Виноградова Н.Н., Ильгисонис И.С., Шаркарьянц Г.А., Кожевникова М.В., Лишута А.С. Метаболический синдром: история развития, основные критерии диагностики. *Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии* 2018; 14(5) : 757–764.
40. Vona R, Gambardella L, Cittadini C, Straface E, Pietraforte D. Biomarkers of Oxidative Stress in Metabolic Syndrome and Associated Diseases. *Oxid Med Cell Longev*. 2019; 2019:8267234. Published 2019 May 5.

41. Метаболический синдром / Под ред. чл.-корр. РАМН Г.Е. Ройтберга. М.: МЕД М54 пресс-информ, 2007. – 224 с.
42. Гарбузова М.А. Роль генетических маркеров в формировании кластерных особенностей метаболического синдрома. Автореф. на соиск. ученой степени к.м.н., М., 2010, 28 с.
43. И. В. Тарковская, О. С. Готов, Е. Ю. Диткина и др. Анализ ассоциации полиморфизма генов метаболизма липидов с индексом массы тела, обхватом талии и параметрами липидограммы крови у женщин // Экологическая генетика. 2012. Т. X. № 4, с. 66–76.
44. Махрова И.А. Наследственная предрасположенность к метаболическому синдрому у детей. Автореф. на соиск. ученой степени к.м.н. СПб, 2011, 24 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Любовь Ивановна Дергачева – старший научный сотрудник, организационно-исследовательский отдел ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России, к.м.н., адрес: Москва, ул. Большая Дорогомиловская, д. 5, 121059; тел.: 8 499 795-68-57, e-mail: plush10@yandex.ru. *Андрей Владимирович Жолинский* – директор ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России, к.м.н., адрес: Москва, ул. Большая Дорогомиловская, д. 5, 121059; тел.: 8 499 795-68-88, e-mail: fnkcsm@sportfmba.ru. *Выходец Игорь Трифанович* – к.м.н., заместитель начальника Управления организации спортивной

медицины и цифровизации Федерального медико-биологического агентства, 123182, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, 30; доцент кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры педиатрического факультета ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 117997, Россия, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1; e-mail: vykhodetsit@fmba.gov.ru. *Анна Александровна Павлова* – врач по спортивной медицине, отдел медицинского обеспечения спортивных сборных команд и соревнований ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России, адрес: Москва, ул. Большая Дорогомиловская, д. 5, 121059; тел.: 8 977 491-73-13, e-mail: pavlovaaa@sportfmba.ru (ответственная за переписку). *Сергей Андреевич Парастаев* – заместитель директора по научной работе ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России, проф., д.м.н.; адрес: Москва, ул. Большая Дорогомиловская, д. 5, 121059; профессор кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры педиатрического факультета ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 117997, Россия, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1; тел.: 84997956857, e-mail: parastaevs@sportfmba.ru.

ПОКАЗАТЕЛИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА И ЭРГОСПИРОМЕТРИИ У ИГРОКОВ В АМЕРИКАНСКИЙ ФУТБОЛ В ПРЕДСОРЕВНОВАТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД

УДК 612.176.4:612.221:796.333.7

В.А. Кузелин¹, С.Б. Егоркина¹, В.В. Брындин¹, И.В. Реверчук²¹Ижевская государственная медицинская академия (Ижевск, Россия)²Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта (Калининград, Россия)

РЕЗЮМЕ

Проанализированы отдельные (наиболее важные) показатели вариабельности сердечного ритма (регуляторный уровень) и сердечно-легочного нагрузочного тестирования (системный уровень) у спортсменов (американский футбол) различного уровня тренированности в предсоревновательный период. Проведенный корреляционный анализ обнаружил в основном прямую среднюю по силе связь между этими показателями. Выявленная в ходе исследования зависимость позволит спортивным врачам и тренерам использовать данный методический подход в комплексной оценке физической работоспособности, функциональных возможностей и адапционно-резервного потенциала спортсменов игровых видов спорта с учетом их профессиональной квалификации.

Ключевые слова: *вариабельность ритма сердца, эргоспирометрия, американский футбол, квалификация.*

INDICATORS OF HEART RATE VARIABILITY AND ERGOSPIROMETRY IN AMERICAN FOOTBALL PLAYERS IN THE PRE-COMPETITION PERIOD

V.A. Kuzelin¹, S.B. Egorkina¹, V.V. Bryndin¹, I.V. Reverchuk²¹Izhevsk state medical academy (Izhevsk, Russia)²Immanuel Kant Baltic Federal University (Kaliningrad, Russia)

ABSTRACT

The individual (most important) indicators of heart rate variability (regulatory level) are analyzed and cardiopulmonary stress testing (system level) in American football athletes of various levels of fitness in the pre-competition period. The conducted correlation analysis revealed mainly a direct average strength relationship between these indicators. The dependence revealed during the study will allow sports doctors and coaches to use this methodological approach in a comprehensive assessment of physical performance, functional capabilities and adaptive reserve potential of athletes of game sports, taking into account their professional qualifications.

Keywords: *heart rate variability, ergospirometry, american football, training.*

ВВЕДЕНИЕ

Комплексная оценка функционального состояния организма, его адаптационных возможностей представляет собой одну из наиболее важных практических проблем, имеющих отношение к решению первоочередных задач подготовки спортсменов. Высокий уровень функционального состояния является предиктором высокой физической работоспособности и позволяет спортсменам быстро и эффективно приспосабливаться к предъявляемым тренировочным и соревновательным нагрузкам.

Известно, что высокая степень адаптации к физической деятельности проявляется не столько в увеличении функциональных возможностей отдельных органов и систем органов, сколько в совершенствовании их регулирующих механизмов, то есть в интеграции моторной и вегетативных функций. Отклонения, возникающие в регулирующих системах, предшествуют гемодинамическим, метаболическим, энергетическим нарушениям и, следовательно, являются наиболее ранними прогностическими признаками неблагополучия [5].

Сердечно-сосудистая система является важнейшим звеном, лимитирующим развитие приспособительных реакций организма. В частности, сердечный ритм отражает фундаментальные соотношения в работе не только сердечно-сосудистой системы, но и всего организма в целом, так как является отражением функционирования автономной (вегетативной) нервной системы [3, 7].

Эффекты нейрогуморальной регуляции работы сердца лучше проявляются в процессе адаптации системы кровообращения к изменяющимся условиям организма, например, при функциональных пробах. Ортостатическая проба является частью исследований вариабельности сердечного ритма, так как она отражает различные уровни работы системы кровообращения в положении лежа и стоя, а при переходном процессе (из положения лежа в положение стоя) – перестройку функционирования вегетативной нервной системы с одного уровня (парасимпатического) на другой (симпатический), что дает возможность оценивать их взаимодействие и выявлять скрытые механизмы расстройств регуляции сердечно-сосудистой системы [10].

Решающая роль в адаптации организма к физическим, в том числе тренировочным и соревновательным, нагрузкам принадлежит кислородтранспортной системе [12]. Использование метода эргоспирометрии обеспечивает автоматический компьютерный анализ результатов, способствует оптимизации процесса организации тренировок за счет данных, объективно отражающих лимитирующие звенья физической работоспособности – газообмен и связанные с ним процессы метаболизма [11]. Кардиореспираторное нагрузочное тестирование позволяет одновременно оценивать основную функцию сердечно-сосудистой и дыхательной систем, заключающуюся в газообмене между клетками и окружающей средой (или аэробную работоспособность) [9].

Нагрузочная проба с газовым анализом дает возможность получить информацию, недоступную для других методов: объективно оценить уровень физической работоспособности, определить патогенетические механизмы, приведшие к ее снижению, вклад различных систем, участвующих в формировании ответа организма на нагрузку, дыхания и кровообращения, кроветворения, психической и нейрогенной

регуляции, метаболизма и скелетных мышц [6, 8].

Обозначенные позиции с учетом важности изучения функционального фона организма спортсменов разного уровня квалификации послужили основой для постановки цели и задач настоящего исследования.

Цель исследования – определить основные показатели вариабельности сердечного ритма и кардиореспираторного нагрузочного тестирования у игроков в американский футбол разного уровня тренированности для комплексной оценки их физической работоспособности и функциональных возможностей.

ЗАДАЧИ

1. Исследовать основные данные вариабельности ритма сердца в покое и при проведении ортостатической пробы у игроков американского футбола разной степени тренированности.

2. Оценить показатели кардиореспираторного нагрузочного тестирования у спортсменов по американскому футболу разного уровня подготовленности.

3. Определить степень тесноты и направленность корреляционной связи между изучаемыми показателями вариабельности сердечного ритма и эргоспирометрии у игроков в американский футбол разной квалификации в предсоревновательный период.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании участвовали спортсмены, игроки в американский футбол, мужского пола в возрасте от 18 до 30 лет разного уровня квалификации:

1. Кандидаты в мастера спорта (n = 20, спортивный стаж от 5 до 10 лет).

2. I разряд (n = 20, спортивный стаж от 3 до 6 лет).

3. Массовые разряды (n = 20, спортивный стаж от 1 года до 3 лет).

На момент обследования все спортсмены были практически здоровы, не имели жалоб на состояние здоровья и хронических заболеваний, а также не была выявлена скрытая патология исследуемых систем. Работа выполнена при соблюдении основных биоэтических правил и требований, с получением информированного согласия от участников исследования.

Проведение исследования осуществлялось с 01 ноября 2015 года по 30 апреля 2016 года, а имен-

но в подготовительный период тренировочного процесса, в первой половине дня, через 1,5–2 часа после приема пищи, после 20-минутного отдыха, в комфортных микроклиматических условиях на таких базах, как:

1. БУЗ УР «Республиканский врачебно-физкультурный диспансер МЗ УР» (г. Ижевск).
2. Клинико-диагностический медицинский центр ООО «Аспэк-Медцентр» (г. Ижевск).
3. ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» МЗ РФ (г. Ижевск).

Исследование осуществлялось с соблюдением этических норм и принципов, предъявляемых Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki [1964, 2013 ред.], и утверждено локальным Комитетом по этике ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» МЗ РФ (№ 441 от 28.04.2015) [2].

Анализ variability ритма сердца осуществлялся путем регистрации ЭКГ-сигнала в положении лежа на спине во втором стандартном отведении. Продолжительность записи составляла 5 минут. Далее регистрировался ЭКГ-сигнал в положении стоя после выполнения ортостатической пробы с продолжительностью записи 6 минут. У каждого исследуемого проводили анализ двух повторных записей по 5 и 6 минут, соответственно, для подтверждения стационарности регистрируемого процесса. Обработка кардиоинтервалограмм и анализ variability сердечного ритма проводились с помощью программно-аппаратного комплекса «Варикард 2.5.1» [1] и программы «Эским-б» в модификации Шлык Н.И. с выделением I, II, III и IV групп вегетативной регуляции сердечного ритма и четырех вариантов реакции регуляторных механизмов на ортостатическую пробу [10].

Среди многочисленных показателей статистического временного и спектрального частотного анализа variability сердечного ритма для решения задач настоящего исследования были выбраны следующие величины:

1. ЧСС (частота сердечных сокращений, уд/мин) – средний уровень функционирования системы кровообращения.

2. SDNN (стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов, мс) – суммарный эффект вегетативной регуляции кровообращения.

3. RMSSD (квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов, мс) – активность парасимпатического звена вегетативной регуляции.

4. pNN50 (число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в % к общему числу кардиоинтервалов в массиве, %) – показатель степени преобладания парасимпатического звена регуляции над симпатическим (относительное значение).

5. MxDMn (разность между максимальным и минимальным значениями кардиоинтервалов, мс) – максимальная амплитуда регуляторных влияний.

6. Mo (мода, мс) – наиболее вероятный уровень функционирования сердечно-сосудистой системы.

7. AMoSDNN (амплитуда моды при ширине класса SDNN, %/SDNN) – условный показатель активности симпатического звена регуляции.

8. AMo50 (амплитуда моды при ширине класса 50 мс, %/50мс) – условный показатель активности симпатического звена регуляции.

9. SI (стресс индекс, усл.ед.) – степень напряжения регуляторных систем (степень преобладания активности центральных механизмов регуляции над автономными).

10. TP (суммарная мощность спектра variability сердечного ритма, мс²) – суммарный уровень активности регуляторных систем.

11. HF (значение суммарной мощности спектра высокочастотного компонента ВСР, мс²) – уровень активности парасимпатического звена вегетативной регуляции.

12. LF (значение суммарной мощности спектра низкочастотного компонента ВСР, мс²) – уровень активности вазомоторного центра.

13. VLF (значение суммарной мощности спектра очень низкочастотного компонента ВСР, мс²) – уровень активности симпатического звена вегетативной регуляции (преимущественно над-сегментарных отделов).

14. ULF (значение суммарной мощности спектра ультранизкочастотного компонента ВСР, мс²).

15. PHF (мощность спектра высокочастотного

компонента вариабельности в % от суммарной мощности колебаний, %) – относительный уровень активности парасимпатического звена регуляции.

16. PLF (мощность спектра низкочастотного компонента вариабельности в % от суммарной мощности колебаний, %) – относительный уровень активности вазомоторного центра.

17. PVLF (мощность спектра очень низкочастотного компонента вариабельности в % от суммарной мощности колебаний) – относительный уровень активности симпатического звена регуляции.

Реакция кардиореспираторной системы на физическую нагрузку изучалась методом эргоспирометрии на аппарате «CARDIOVIT AT-104 PC» (Schiller, Швейцария) с прямым газоанализом выдыхаемого и выдыхаемого воздуха по O₂ и CO₂. Физическая нагрузка задавалась на велоэргометре ERG911 в положении сидя под контролем мониторинга электрокардиографии и автоматическим контролем артериального давления на приборе BP-200 plus. Для определения толерантности к физической нагрузке использовался ступенчатый непрерывно-возрастающий тест на велоэргометре. Нагрузка начиналась свободным педалированием без сопротивления со скоростью 60–65 об/мин продолжительностью 1 минута и далее каждая ступень 50 – 50 – 50 – 50 Вт и т. д. по 3 минуты каждая до максимально прогнозируемого уровня или до отказа продолжать работу с учетом симптомов ограничения нагрузки. Максимальный уровень фактически выполненной нагрузки оценивался как предел функциональных возможностей организма.

Оценивались следующие показатели кардиореспираторного нагрузочного тестирования:

1. Met, усл.ед. – метаболическая интенсивность работы.

2. VO₂, max, мл/мин/кг – потребление кислорода на высоте нагрузки (максимальное потребление кислорода, МПК).

3. O₂-пульс (VO₂/ЧСС), max, мл/уд – кислородный пульс (количество кислорода, экстрагируемое мышцами за 1 удар сердца) на высоте нагрузки.

Статистическая обработка полученных данных была проведена с использованием программы

«Statistica 6». Полученные данные представлены в виде средних значений показателей и ошибкой средней ($M \pm m$). При обработке полученных результатов использовали непараметрические методы статистики: для определения различий между группами – критерий Манна – Уитни, для сравнения двух зависимых выборок – критерий Вилкоксона; для выявления корреляционных зависимостей между различными параметрами – коэффициент корреляции Спирмена. Также определяли вероятность ошибки (p). Межгрупповые различия считали статистически значимыми при вероятности справедливости нулевой гипотезы об отсутствии различия между группами (p) < 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показатели анализа вариабельности сердечного ритма игроков в американский футбол разного уровня квалификации до и после ортостатической пробы представлены в таблице 1.

В результате оценки вариабельности ритма сердца у спортсменов уровня квалификации «кандидаты в мастера спорта» и «I разряд» в начале исследований, в состоянии покоя, были выявлены низкие показатели индекса напряжения регуляторных систем SI и высокие значения очень низкочастотного компонента общей мощности спектра BCP VLF, что указывает на умеренное преобладание парасимпатической активности над симпатической и центральным контуром регуляции, что относится к III группе регуляции сердечного ритма [10]. У спортсменов отмечается нормальный уровень тренированности. Характерно оптимальное состояние регуляторных систем организма. Данное положение подтверждают умеренно высокие значения RMSSD, MxDMn, SDNN, малые показатели AMO50, HR, умеренно высокие абсолютные значения TP, HF, LF, VLF. Преобладание парасимпатического отдела вегетативной нервной системы характеризуется высокой степенью согласованности различных звеньев систем управления, которая сопровождается оптимальным (нормальным) напряжением центральных регуляторных систем. Автономная деятельность низших уровней «освобождает» высшие от необходимости участвовать в локальных регуляторных процессах.

Таблица 1

**Показатели вариабельности сердечного ритма игроков в американский футбол
разного уровня квалификации до и после ортостатической пробы**

Показатель ВСР	Массовые разряды (n = 20)		I разряд (n = 20)		Кандидаты в мастера спорта (n = 20)	
	Лежа	Стоя	Лежа	Стоя	Лежа	Стоя
1 HR, уд./мин	69,73±1,9	88,67±4,23	65,80±2,37*	85,93±3,75**	61,4 ± 1,75*	87,13±2,66**
2 MxDMn, мс	191,47±8,33	278,47±34,36	347,67±37,28*	260,27±33,90**	325,13±12,21*	232,87±20,85**
3 RMSSD, мс	39,28±4,48	73,41±8,74	67,87±6,66*	62,20±6,81**	66,13±5,27*	40,87±4,84**
4 pNN50,%	18,63±2,14	16,70±2,31	37,23±3,60*	13,38±1,17**	18,23±1,19*	6,34±0,11**
5 SDNN, мс	42,13±2,01	75,27±4,23	72,53±4,1*	76,80±3,48**	70,07±4,38*	56,47±3,56**
6 Mo, мс	863,13±55,92	690,27±41,04	937,47±83,58*	706±33,90**	928,47±77,43*	694,73±22,85**
7 AMoSDNN, %/SDNN	40,19±0,87	47,60±3,42	37,58±1,18*	45,15±2,54**	42,01±1,63*	43,53±2,23**
8 AMo50, %/50мс	56,37±2,16	52,23±3,88	34,33±2,12*	52,43±4,58**	34,61±1,64*	52,85±3,49**
9 SI, усл.ед.	182,00±11,65	199,13±11,02	78,73±5,56*	214,73±23,06**	57,20±4,64*	192,47±16,37**
10 TP, мс ²	1508,78±119,20	10942,96±996,73	5405,00±669,47*	5209,81±593,72**	4584,06±308,59*	3404,09±304,26**
11 HF, мс ²	669,94±29,52	5906,86±654,35	2340,43±223,72*	2136,60±201,91**	1788,56±150,13*	1274,15±103,86**
12 LF, мс ²	437,32±48	3952,96±2711,82	2059,63±261,78*	2111,53±255,25**	1480,22±133,97*	1411±122,7**
13 VLF, мс ²	212,66±25,65	665,59±68,23	527,67±64,18*	452,96±62,49**	489,13±47,15*	450,19±56,64**
14 ULF, мс ²	204,99±33,43	397,57±45,35	508,71±72,62*	477,28±69,20**	825,77±88,96*	268,53±29,25**
15 PHF,%	48,82±3,8	30,69±2,39	28,47±2,41*	44,35±3,92**	39,01±3,69*	37,43±3,81**
16 PLF, %	34,89±2,46	47,07±3,95	55,53±3,71*	42,87±3,37**	32,29±2,83*	41,45±2,66**
17 PVLF,%	16,27±1,55	19,81±2,03	17,07±1,20*	12,78±1,59**	28,71±2,40*	21,13±2,45**

Примечания: * – различия статистически достоверны до ортопробы (p < 0,05);

** – после ортопробы (p < 0,05).

При анализе показателей ВСР у игроков в американский футбол массовых разрядов в начале исследований, в состоянии покоя, были выявлены высокие показатели SI и малые значения VLF, что относится ко II группе регуляции ритма сердца. Отмечается выраженное преобладание симпатической регуляции сердечного ритма над парасимпатической, резкое увеличение активности центральной регуляции над автономной. Характерно снижение функционального состояния регуляторных систем, отмечается вегетативная дисфункция. Данный факт подтверждают относительно малые значения RMSSD, MxDMn, SDNN, малая суммарная площадь спектра TP, низкие абсолютные значения волновой структуры спектра и особенно VLF. Уровень тренированности обеспечивается напряжением адаптационно-компенсаторных механизмов. Состояние

регуляторных механизмов сердечного ритма с преобладанием центральной регуляции нельзя отнести к физиологической норме. Эти спортсмены имеют предрасположенность к донозологическим состояниям [10].

При анализе показателей вариабельности ритма сердца при выполнении активной ортостатической пробы предложено выделять четыре варианта вегетативной реакции на ортостаз:

1) В ответ на ортостатическое тестирование увеличиваются значения ЧСС, SI и уменьшается суммарная площадь спектра ВСР (TP) и всех его составляющих (HF, LF, VLF, ULF).

2) В ответ на ортостатическое тестирование увеличиваются показатели ЧСС, SI и активность вазомоторного центра (LF) при снижении показателей TP, HF, VLF, ULF.

Таблица 2

**Параметры нагрузочной пробы с газообменом игроков в американский футбол
разного уровня квалификации**

Показатель эргоспирометрии		Массовые разряды (n = 20)	I разряд (n = 20)	Кандидаты в мастера спорта (n = 20)
1	Мет, усл.ед.	10,11±0,15	12,09±0,13*	14,48±0,46*
2	VO ₂ , max, мл/мин/кг	35,01±0,48	42,17±0,46*	51,43±0,58*
3	O ₂ -пульс (VO ₂ /ЧСС), max, мл/уд	16,91±0,19	20,89±0,08*	23,99±0,09*

Примечание: * – p < 0,05 между группами.

3) С увеличением ЧСС снижаются значения SI, HF и увеличиваются LF, VLF, ULF волны.

4) Увеличение ЧСС, снижение SI и всех показателей спектра HF, LF, VLF, ULF. Первый вариант реакции оптимален, а остальные три варианта парадоксальны [10].

При проведении ортопробы у игроков в американский футбол массовых разрядов были получены следующие показатели: наблюдалось увеличение ЧСС на 21,36 % (p < 0,05), SI увеличился, по сравнению с исходным показателем в покое, на 8,6 %, значительное увеличение общей площади спектра TP на 86,21 % (p < 0,05) и его составляющих волн, HF – на 88,65 % (p < 0,05), LF – на 88,93 % (p < 0,05), а VLF-волны и ULF-волны увеличились на 68 % (p < 0,05) и 48,44 % (p < 0,05) соответственно. Данные измерений указывают на незначительное повышение активности симпатического отдела ВНС и центральных структур регуляции ритма сердца при одновременном чрезмерном увеличении парасимпатической регуляции, что, по всей видимости, является новым парадоксальным вариантом реакции.

Анализ ортостатической пробы у спортсменов I квалификационного разряда выявил следующие результаты: отмечалось увеличение ЧСС на 23,4 % (p < 0,05), SI увеличился, по сравнению с исходным показателем в покое, на 63,33 % (p < 0,05), снизилась общая площадь спектра TP на 3,6 % и его составляющих волн, а именно ULF – на 6,1 %, HF – на 8,7 %, VLF – на 14,15 % (p < 0,05) и отмечалось увеличение LF-волн на 2,45 %, что указывает на повышение активности симпатического отдела ВНС и центральных структур регуляции ритма сердца при увеличении активности вазомоторного центра, что, в свою очередь, является парадоксальным вариантом реакции.

При осуществлении ортопробы у кандидатов в мастера спорта было выявлено увеличение ЧСС на

29,5 % (p < 0,05), SI – на 29,7 % (p < 0,05), снижение общей площади спектра TP – на 25,74 % (p < 0,05) и уменьшение его составляющих волн: HF – на 28,76 % (p < 0,05), LF – на 4,67 %, VLF уменьшалось на 8 %, ULF – на 67,48 % (p < 0,05), что указывает на умеренное преобладание парасимпатической системы и оптимальное состояние регуляторных систем организма и является оптимальным вариантом реакции.

Таким образом, «цена» адаптации организма к физическим нагрузкам может выступать как одна из важных характеристик физической тренированности.

Отдельные параметры кардиореспираторного нагрузочного тестирования игроков в американский футбол разного уровня квалификации представлены в таблице 2.

При сравнительном анализе данных эргоспирометрии, полученных при обследовании, обращают на себя внимание более низкие показатели выполненной работы, выраженной в метаболических единицах у игроков с более низким уровнем квалификации. Максимальное потребление кислорода определяется максимальным сердечным выбросом, PO₂ крови, фракцией распределения сердечного выброса в работающие мышцы и возможностью экстракции мышцами O₂. Оно зависит от уровня физической активности (тренированности) и является золотым стандартом для оценки физического состояния (фитнес). В наших исследованиях при оценке данных показателей, нормализованных к весу тела (мл/мин/кг), наблюдается следующая взаимосвязь: чем выше уровень квалификации игроков в американский футбол, тем выше значения максимального потребления O₂. Кислородный пульс (O₂-пульс), отражающий количество кислорода, которое экстрагируется мышцами за один удар сердца, увеличивается прямо про-

**Коэффициент корреляции между ВРС до и после ортостатической пробы
и параметрами эргоспирометрии у спортсменов разного уровня квалификации**

Взаимосвязь	Массовые разряды			I разряд			Кандидаты в мастера спорта		
	Met	МПК	O2-PS	Met	МПК	O2-PS	Met	МПК	O2-PS
MxDMn до ортопробы	(-0,104)	(-0,21)	(-0,108)	0,447	0,516	0,498	(0,401)	0,499	0,454
MxDMn после ортопробы	(0,301)	(0,399)	(0,312)	-0,493	-0,598	-0,509	-0,452	-0,607	-0,582
SI до ортопробы	0,566	0,602	0,634	-0,497	-0,701	-0,549	-0,733	-0,708	-0,675
SI после ортопробы	(0,444)	0,488	0,507	0,699	0,711	0,743	0,706	0,732	0,824
VLF до ортопробы	-0,501	-0,492	-0,536	0,523	0,502	0,488	0,468	0,499	0,476
VLF после ортопробы	0,625	0,707	0,694	-0,607	-0,593	-0,638	-0,564	-0,501	-0,587

Примечание: указан коэффициент Спирмена. Значение в скобках не значимо ($p > 0,05$).

порционально увеличению нагрузки, при этом его динамика отражает в основном динамику ударного объема сердца. Высокие значения кислородного пульса у более квалифицированных спортсменов отражают увеличение показателей насосной функции сердца и улучшение экстракции кислорода и наблюдаются при высоком функциональном состоянии [11], в т. ч. у игроков в американский футбол.

Степень тесноты связи наиболее важных параметров variability ритма сердца с показателями сердечно-легочного нагрузочного теста у игроков в американский футбол разного уровня квалификации отражена в таблице 3.

В ходе корреляционного анализа было установлено, что игроки в американский футбол II–III разрядов имели слабую отрицательную связь такого показателя активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, как разброс кардиоинтервалов, до ортостатической пробы с исследуемыми параметрами эргоспирометрии и положительную среднюю по силе связь указанных параметров с MxDMn после ортостатического тестирования, при этом в обоих случаях связь оказалась статистически недостоверной.

Со стресс-индексом, являющимся индикатором преобладания центральных механизмов регуляции, как до ортопробы, так и после тестирования у спортсменов данного уровня квалификации была обнаружена положительная средней степени тесноты связь со всеми указанными параметрами сердечно-легочного нагрузочного тестирования, которая не имела

статистической достоверности только в одном случае: между SI после ортопробы и метаболической интенсивностью работы. При этом после ортостатического тестирования сила корреляционной взаимосвязи снижалась во всех анализируемых группах.

Также в большинстве случаев определялась средняя по силе связь между мощностью работы, выраженной в метаболических единицах, максимальным потреблением кислорода, кислородным пульсом и величиной низкочастотных волн, отражающей функциональное состояние высших вегетативных центров [4], за исключением сильной тесноты связи между VLF после ортопробы и МПК. При этом до ортостатического тестирования связь была отрицательной, а после пробы – положительной.

При характеристике корреляционной взаимосвязи между показателями variability ритма сердца и параметрами эргоспирометрии у игроков в американский футбол с уровнем подготовленности «I разряд» и «кандидаты в мастера спорта» наблюдалась обратная картина. Так, разброс кардиоинтервалов имел статистически достоверную среднюю по силе степень связи со всеми выбранными величинами кардиореспираторного нагрузочного тестирования, при этом до ортостатического тестирования связь оказалась положительной, а после – отрицательной (исключение составляет взаимосвязь MxDMn до ортопробы с метаболической мощностью работы в группе КМС, где не была выявлена статистическая достоверность исследований).

Тонус симпатической нервной системы имел отрицательную корреляционную связь до ортостатической пробы, при этом сила связи оказалась средней с Met и O2-PS и сильной с МПК у перворазрядников, а у кандидатов в мастера спорта средней с O2-PS и сильной с Met и МПК. После ортопробы корреляционная связь оказалась статистически достоверной положительной и сильной во всех анализируемых группах со всеми выбранными параметрами эргоспирометрии, за исключением средней по степени тесноты связи стресс-индекса с уровнем выполненной работы, выраженной в метаболических единицах у спортсменов-перворазрядников.

Статистически значимая средней силы корреляционная связь была также выявлена между VLF и указанными показателями эргоспирометрии у игроков I разряда и КМС, при этом до ортопробы связь характеризуется как положительная, а после ортостатического тестирования – отрицательная.

Значительных различий в величинах корреляционной связи между выбранными параметрами variability ритма сердца и сердечно-легочного нагрузочного тестирования у игроков в американский футбол I разряда и кандидатов в мастера спорта выявлено не было.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что повышение функционального состояния регуляторных систем у игроков в американский футбол более высокого уровня квалификации способствует росту реализации физических возможностей в виде увеличения максимального потребления кислорода, кислородного пульса и метаболической интенсивности работы, что позволяет прогнозировать и более высокие результаты на предполагаемых соревнованиях. Вегетативная дисфункция и напряжение адаптационно-компенсаторных механизмов у спортсменов массовых разрядов препятствует развитию функциональных возможностей сердечно-сосудистой, дыхательной систем и системы утилизации кислорода. Кроме того, выявленная корреляционная взаимосвязь с низкими значениями VLF у игроков II–III разрядов подтверждает их энергодефицитное состояние. Парадоксальный вариант реакции на ортостатическую пробу у игроков II–III разрядов

подтверждает данное положение. Спортсмены I разряда также имели парадоксальный ответ на ортопробу, однако реакция была нечрезмерной, что способствует относительно высокой реализации своих функциональных резервов. По выявленной степени тесноты связи в настоящем исследовании статистически доказано, что преобладание автономной регуляции, характеризующейся высокой степенью согласованности различных звеньев систем управления [10], а также оптимальный вариант реакции на ортостатическую пробу у кандидатов в мастера спорта позволяет наиболее полно и качественно реализовывать свои адаптационные возможности на уровне основных систем (кардиореспираторной, кислородтранспортной и т. д.).

ВЫВОДЫ

1. Основные показатели variability сердечного ритма, полученные в ходе проведения ортостатической пробы, позволяют оценить состояние регуляторных систем у игроков в американский футбол, степень изменения которых определяется уровнем их тренированности.

2. Проведение кардиореспираторного нагрузочного тестирования у игроков в американский футбол дает возможность определить уровень физической активности (тренированности) спортсменов.

3. Выявлена взаимосвязь между показателями variability ритма сердца (регуляторный уровень) и параметрами кардиореспираторной системы при нагрузочном тестировании методом эргоспирометрии (системный уровень) у игроков в американский футбол разного уровня тренированности.

4. Необходимо рекомендовать спортивным врачам и тренерам использовать полученные результаты для комплексной оценки физической работоспособности, функциональных возможностей и адаптационно-резервного потенциала спортсменов игровых видов спорта с учетом их профессиональной квалификации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов Ю.Н. Программное обеспечение комплекса «Варикард 2.51» для анализа variability сердечного ритма.

- дечного ритма / Ю.Н. Семенов, Р.М. Баевский // Тез. докл. междунар. симп. «Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и практическое применение». – Ижевск: УдГУ, 2003. – 181–182.
2. Кузелин, В.А. Оценка функциональных резервов спортсменов игровых видов спорта разного уровня подготовленности в тренировочном процессе: автореф. дис. . канд. мед. наук: 14.03.11, 03.03.01 / Кузелин Владимир Анатольевич. – Ижевск, 2017. – 150 с.
 3. Шлык, Н.И. Управление тренировочным процессом спортсменов с учетом индивидуальных характеристик variability ритма сердца / Н.И. Шлык // Физиология человека, 2016. – Т. 42. – № 6. – С. 81–91.
 4. Alabdulgader, A; McCratty, R; Atkinson, M; Atkinson, M; Dobyns, Y ; Vainoras, A ; Ragulskis, M ; Stolc, V. Long-Term Study of Heart Rate Variability Responses to Changes in the Solar and Geomagnetic Environment Scientific reports (2018) 8:2663. DOI: 10.1038/s41598-018-20932-x – pp. 4–14.
 5. Baevsky, R.M. Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods / R.M. Baevsky, A.G. Chernikova // Cardiometry, 2017. – № 10. – С. 66–76.
 6. Denham, J. Cycling power outputs predict functional threshold power and maximum oxygen uptake / J. Denham, J. Scott–Hamilton, A.D. Hagstrom, A.J. Gray // J Strength Cond Res. – 2017. – Vol. 11. – P. 1–29.
 7. Kiviniemi, A.M., Altered relationship between R-R-interval and R-R-interval variability in endurance athletes with overtraining syndrome / A.M Kiviniemi, M.P. Tulppo, A.J. Hautala et al. // Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports – 2013. – V. 2. – № 12. – P. 77.
 8. Löllgen, H. Exercise testing in sports medicine / H. Löllgen, D. Leyk // Dtsch Arztebl Int. – 2018. – Vol. 115. – P. 409–416.
 9. Mezzani, A. Cardiopulmonary exercise testing: basics of methodology and measurements / A. Mezzani // Ann Am Thorac Soc. – 2017. – Vol. 14. – P. S3–S11.
 10. Shlyk, N. I. Heart rate and type of regulation in children, adolescents and athletes: monograph – Izhevsk: Udmurt University Publishing House, 2009. – 259 p.
 11. Wasserman, K., Hansen J., Sue D., Stringer W., Whipp B. Principles of exercise testing and interpretation including pathophysiology and clinical applications. 4th edn. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia. 2005; 585 p.
 12. Zhang, Z. Comprehensive testing system for cardiorespiratory interaction research / Z. Zhang, B. Wang, W. Wang, J. Zheng, H. Liu, K. Li, C. Sun, G. Wang // Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi. – 2013. – 30(2). – P. 395–402.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ КОНТАКТА

Владимир Анатольевич Кузелин (V.A. Kuzelin) – ассистент кафедры медицинской реабилитологии и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» МЗ РФ (автор, ответственный за переписку с редакцией), кандидат медицинских наук, orcid.org/0000-0002-6855-753X, почтовый служебный адрес: 426034, Удмуртская Республика, город Ижевск, улица Коммунаров, дом 281; служ. тел.: +7 912 858-14-16; сот. тел.: +7 950 157-34-51; e-mail: vova-kuzelin@mail.ru. Вклад в работу: разработка концепции и дизайна исследования; проверка критически важного интеллектуального содержания; окончательное утверждение рукописи для публикации.

Светлана Борисовна Егоркина (S.B. Yegorkina) – профессор кафедры нормальной физиологии ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» МЗ РФ, доктор медицинских наук, доцент, orcid.org/0000-0001-6492-1798, почтовый служебный адрес: 426034, Удмуртская Республика, город Ижевск, улица Коммунаров, дом 281; служ. тел.: +7 3412 91-82-87; e-mail: svetlanaegorkina@yandex.ru. Вклад в работу: сбор, анализ и интерпретация данных; обоснование и написание рукописи.

Владимир Викторович Брындин (V.V. Bryndin) – заведующий кафедрой медицинской реабилитологии и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» МЗ РФ, кандидат медицинских наук, доцент, orcid.org/0000-0001-9407-1827, почтовый служебный адрес: 426034, Удмуртская Республика, город Ижевск, улица Коммунаров, дом 281; служ. тел.: +7 912 858-14-16; e-mail: bryndin32@mail.ru. Вклад в работу: сбор, анализ и интерпретация данных; обоснование и написание рукописи.

Игорь Васильевич Реверчук (I.V. Reverchuk) – заведующий кафедрой психиатрии и нейронаук, руководитель лаборатории нейросенсомоторных нарушений, старший научный сотрудник Центра геномных исследований ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», доктор медицинских и психологических наук, профессор, orcid.org/0000-0003-0195-6082, почтовый служебный адрес: 236016, Северо-Западный федеральный округ, Калининградская область, г. Калининград, ул. Боткина, 4/6; служ. тел.: +7 4012 59-55-95; e-mail: bios@reverchuk.com. Вклад в работу: сбор, анализ и интерпретация данных; обоснование и написание рукописи.

БЕСКОНТАКТНАЯ ИНФРАКРАСНО-ТЕРАГЕРЦЕВАЯ РЕФЛЕКСОТЕРАПИЯ У БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКИМ ИНСУЛЬТОМ

Обзор литературы, часть вторая: от физического эксперимента к клиническому применению

УДК: (535.14+535.15+615.8)616.8

А.С. Реуков, М.Д. Дидур, А.О. Конради, А.П. Преснухина, Н.В. Тохтиева

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

В хронологической последовательности представлена разработка аппарата для бесконтактной инфракрасно-терагерцевой рефлексотерапии «ИК-Диполь» и методики его использования у больных в остром периоде ишемического инсульта.

Ключевые слова: ишемический инсульт, терагерцевое излучение, бесконтактная инфракрасно-терагерцевая рефлексотерапия.

NON-CONTACT INFRARED-TERAHERTZ REFLEXOTHERAPY IN THE PATIENTS WITH ISCHEMIC STROKE

Literature review, part two: from physical experiment to clinical application

A.S. Reukov, K.V. Simakov, V.E. Rubinchik, A.P. Presnukhina

Federal State Budgetary Institution «Almazov National Medical Research Centre»
of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Peterburg, Russian Federation

SUMMARY

The development of the device for non-contact infrared-terahertz reflexotherapy "IK-Dipol" and the methodology for its use in the patients in the acute period of ischemic stroke are presented in chronological order.

Key words: ischemic stroke, terahertz radiation, non-contact infrared-terahertz reflexotherapy.

Неудачное применение зарубежными учеными немногочисленных разработок аппаратуры для транскраниальной инфракрасной лазерной терапии (ТИКЛТ) при инсульте можно рассматривать как предпосылку для прикладного использования отдельных длин волн, мощности излучения моночастот и длительности воздействия терагерцевого диапазона частот. Как следует далее, различные методики экспериментального и клинического направления лазерного излучения как современного физического фактора с его уникальными техническими возможностями при длительном использовании у пациентов с ОНМК (острое нарушение мозгового кровообращения) не выявили лечебного эффекта.

Клинические испытания "NEST-3", "StELLAR", и "REHELA" должны были продолжаться до 2017 года. В 2017 г. мы ознакомились с результатами этих трёх вышеупомянутых клинических испытаний. Два из них, "NEST-3" (NCT01120301) и "StELLAR" (NCT01220739), были преждевременно прекращены [1, 2, 3] в связи с явным отсутствием какого-либо лечебного эффекта.

Клиническое испытание "REHELA" (NCT01308216) прервано до его окончания [4] с аналогичным заключением, что отражено на сайте международного регистра клинических испытаний ClinicalTrials.gov. [5].

Информация о явном отсутствии лечебного эффекта при проведении клинических испытаний

ТИКЛТ требует детального уточнения рекомендаций по отбору пациентов, оценке динамики клинической симптоматики в ходе лечения, а также научного обоснования выбора анатомической зоны для воздействия при планировании исследований.

Вышеизложенный анализ использования ТИКЛТ в лечении инсульта привел нас к выводу о том, что это по меньшей мере один из подходов, который необходимо разрабатывать при применении терагерцевого излучения в современной тактике лечения и ранней реабилитации у больных с ишемическим инсультом. В перечисленных исследованиях использовались различные методики с воздействием на область центрального уровня поражения.

При описании воздействия на биологические объекты существенным параметром, кроме мощности, длины волны, длительности воздействия, исследователями рассматривалось наличие теплового и нетеплового эффекта облучаемой поверхности. Следует отметить, что в отдельных исследованиях приводятся данные о повышении температуры после воздействия, но не приводятся данные для сравнения со здоровыми обследованными. Условной же границей этого разделения при СубММ/ТГц-излучении считается мощность потока излучения в 10 мВт/см². Излучение более мощного потока повышает температуру биологических объектов на 0,1 °С и выше [6]. Это происходит за счёт теплового рассеяния электромагнитной энергии, что вызывает локальный нагрев живой ткани. Если мощность излучения меньше указанной, такой нагрев не превышает 0,1 °С, что в большинстве случаев является физиологически несущественным [7]. В таком случае все наблюдаемые при воздействии такого излучения эффекты следует относить на

счёт его специфического биологического воздействия, не связанного с термическими процессами [8]. Фактически, судя по анализу научных публикаций, поэтому ранее такое излучение называлось субмиллиметровым, а еще раньше – далеким инфракрасным. Характеристики и параметры терагерцевого диапазона имеют важное значение в разработке медицинской аппаратуры и при проведении экспериментальных и клинических исследований. Подробные сведения о современном состоянии проблемы биологических эффектов СубММ/ТГц-излучения можно найти в обширном обзоре (48 страниц, библиография 187 наименований, временной отрезок в 45 лет, 1966–2011 гг.) Джеральда Уилминка и Джессики Грундт, опубликованном в «Журнале инфракрасных, миллиметровых и терагерцевых волн» в 2011 году [9]. Авторы обзора констатируют, что, несмотря на продолжительное исследование данной темы, достоверных сведений о биологическом действии СубММ/ТГц-излучения не так уж много, и связано это с рядом существенных методических недостатков, присущих почти всем работам в данной области.

К большинству указанных исследований авторы высказали немало критических замечаний и заключили свой обзор полным списком требований, которые должны соблюдаться в обязательном порядке при исследовании биологических эффектов ТГц-излучения. Данные требования включают тщательную характеристику исследуемого источника излучения, детальную спецификацию дозиметрического оборудования, корректный дизайн экспериментов с постановкой обязательных негативных и позитивных контролей (облучение плацебо, нагрев, ультрафиолетовое излучение) и безупречный

Таблица 1

Распределение работ по объекту воздействия и методу исследования [9]

Метод	Объект	Кол-во	Метод	Объект	Кол-во	Метод	Объект	Кол-во
in vivo	Человек	1	ex vivo	Кожа человека	1	in vitro	Клетки млекопитающих	18
	Грызуны	5		Кровь человека	1		Липидные мембраны	3
	Насекомые	2					ДНК	4
	Растения	4					Активность ферментов	2
							Альбумин	1
						Гемоглобин	1	

отбор объектов исследования и статистических инструментов. Как правило, эти требования не выдерживались в большинстве работ, проанализированных в обзоре.

Высказанные американскими авторами в своей работе замечания по проведению исследований по изучению биологического эффекта ТГц-излучения в полной мере относятся и к работам российских исследователей. Первые работы появившиеся в 1970 г., где указывали на высокую биологическую активность ТГц-волн и перспективность применения при ОНМК. На сегодняшний день, несмотря на имеющиеся перспективы технического прогресса, широкий спектр аппаратуры для ТГц-излучения, работ по клиническому применению данного физического фактора (ФФ) при ОНМК как в отечественном здравоохранении, так и за рубежом нет, за исключением единичных публикаций, материалов научных конференций и патентных разработок [10, 11, 12, 13, 14]. Известно, что в терагерцевом диапазоне частот лежат спектры многих важных органических молекул, включая белки и ДНК, а также фоновые резонансы кристаллических решёток, что позволяет развивать новые методы спектроскопии биологических и полупроводниковых образцов [15]. С помощью терагерцевого излучения уже показана возможность управления химическими реакциями [16], в частности, на изменение функциональной активности тромбоцитов и эритроцитов, гипокоагуляцию и восстановление нарушенных иммобилизационным стрессом реологических показателей крови [17]. Анализ отечественных и зарубежных научных исследований показывает, что существуют определенные предпосылки для использования ТГц-частот в терапевтических целях [18, 19, 20, 21]. В настоящий момент область ТГц-технологий является одной из наиболее быстро развивающихся, что касается моночастот этого диапазона, то с 2006 по 2015 гг. наблюдается возрастание числа патентных разработок в три раза [22].

Как в экспериментальных, так и в клинических исследованиях необходимо при использовании ТГц диапазона руководствоваться положениями ГОСТ 24375–80 и рекомендациями ИТУ (Международного союза электросвязи). ТГц-частотный диапазон опре-

деляется как диапазон частот от 300 ГГц до 3 ТГц (диапазон длин волн от 1 до 0,1 мм). Вместе с тем, если следовать стандартам ISO (Международной организации по стандартизации), то ТГц-диапазон находится в интервале также от 300 ГГц, но до 6 ТГц.

В 1991 году В.М. Говорун и др. провели ряд экспериментов, чтобы изучить эффект, который ТГц-излучение имеет на биомолекулы, в том числе на альбумин, алкогольдегидрогеназу, пероксидазу и трипсин [23]. Авторы подвергали облучению биомолекулы с использованием FIR-источника ТГц-излучения при следующих условиях эксплуатации: 3,33 ТГц, мощность импульса 5 мДж, частота 40–600 импульсов, мощность от 0,2 до 3 Дж. Оценка результатов проводилась с использованием УФ-спектрофотометра. Структуру белка оценивали с помощью спектрополяриметра (290 нм). Данные показывали, что активность фермента зависит от дозы облучения ТГц-частотами. Авторы делают вывод, что ТГц-излучение может приводить к структурным изменениям в белках.

В 1991 году под руководством С.А. Ильиной рассмотрены эффекты, которые оказывает ТГц-излучение на гемоглобин [24]. В этой работе авторы облучали гемоглобин терагерцевым излучением от источника генератора обратной волны: 2,65 и 3,33 ТГц; 3 мВт/см²; длительность экспозиции 240 мин. Интересно, что ТГц-излучение вызывало увеличение гемоглобина при облучении на 3,33 ТГц и снижение прочности соединения на 2,65 ТГц. Авторы предполагают, что наблюдаемый эффект является результатом линейного или нелинейного действия резонансных эффектов.

Группа немецких исследователей изучала возможность деструктивного действия терагерцевого излучения на генетический аппарат человеческих клеток. Методика: культуры человеческих эпидермоцитов линии HaCaT1, фибробластов кожи, 2-гибридная (человек-хомячок) клеточная система AL подвергались воздействию терагерцевого излучения длиной волны 2,83 мм, плотность потока излучения 0,04; 0,39; 0,88 и 1,96 мВт/см², длительность экспозиции 2, 8 и 24 часа [25]. Результат: при всех параметрах терагерцевого излучения повреждений хромосомного аппарата не обнаружено. Анализируя представленную работу, следует уточнить,

что здесь используется монохроматическое излучение ММ диапазона с длиной волны 2830 микрон. Это практически радиоизлучение, которое не относится к терагерцевому диапазону. Отмечается отсутствие негативного результата воздействия, хотя мощность 2 мВт/см² с учетом монохроматичности излучения значительная.

Коллектив российских учёных исследовал влияние ТГц-излучения на культуру крысиных клеток глиального ряда. Использовалось ТГц-излучение длиной волны 1,67–2,5 мм, плотностью потока излучения 3,2 мВт/см², длительностью экспозиции 1 и 3 минуты. Результат: количество апоптозов в культуре после 1 минутной экспозиции возросло в полтора раза, а после 3 минутной – удвоилось [26]. При описании данного исследования приводится миллиметровый диапазон, а это – радиоизлучение с длинами волн 1670–2500 микрон. Из описания неясно, каков источник, но это по-прежнему монохроматический СВЧ-излучатель с мощностью в 1,5 раза выше предыдущего случая. Возможно, при такой мощности, несмотря на экспозицию 1 и 3 минуты, уже появляются негативные последствия, вероятно, за счет термического эффекта.

В 1998 году А.С. Погодин обнаружил, что на излучение ТГц-диапазона не реагируют опухолевые клетки. На культуре клеток гепатомы крысы было показано отсутствие реакции клеток на облучение. Возможно, что это проявление ещё одной закономерности: потери чувствительности клеток к ТГц-излучению в процессе малигнизации, приводящей к неуправляемому росту клеток [27].

Исследование о влиянии биологического эффекта ТГц-излучения на людей проведено Н.В. Островским с соавт. в 2005 году [28]. В этой работе авторы предположили, что ТГц-излучение может быть полезным для лечения ожогов и микробного распространения. Чтобы проверить эту гипотезу, авторы лечили пациентов, страдающих от поверхностных и глубоких ожогов ($n = 14$ и $n = 21$, соответственно), терагерцевым излучением: 0,15 ТГц; 0,03 мВт/см²; 15 минут; 7–10 процедур ежедневно. Результаты этой работы показали, что ТГц-процедуры усиливают заживление локализованных ожогов, ускоряя эпителизацию, однако усиливают микробное распространение.

Влияние ТГц-излучения на частотах оксида азота на интенсивность процессов липопероксидации и антиоксидантные свойства крови белых крыс в состоянии иммобилизационного стресса наблюдали В.Ф. Киричук и А.А. Цымбал [29]. Под воздействием облучения 150,176–150,664 ГГц, позиционируемого как терагерцевое, наблюдалась полная нормализация течения процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) и функциональной активности антиоксидантов на фоне стресса. У крыс, находящихся в состоянии стресса, резко активировались процессы ПОЛ, что, в свою очередь, провоцировало развитие синдрома цитолиза, подтверждённое накоплением в крови избыточного количества молекул средней массы, также выявлено прогрессивное уменьшение резистентности эритроцитов, что выражалось в увеличении количества гемолизированных эритроцитов. При воздействии на животных электро-магнитным излучением (ЭМИ) на частотах NO 150,176–150,664 ГГц в течение 15 мин наблюдалась частичная нормализация процессов ПОЛ и активности антиоксидантов. Воздействие излучения в течение 30 мин вызывало нормализацию процессов липопероксидации и полное восстановление активности антиоксидантной системы.

В 2007 г. при исследовании генотоксических эффектов терагерцевого излучения было доказано, что цикл кинетики пролиферирующих лимфоцитов не зависит от воздействия ТГц-частотами [30].

Следующая работа коллектива российских учёных посвящена исследованию влияния терагерцевого излучения на стволовые клетки человеческого эмбриона. Сотрудники использовали ТГц-излучение с длиной волны 0,13 мм, плотностью потока излучения 0,14 мВт/см², длительностью экспозиции 1 час. Результат: признаков повреждения ДНК у облучённых клеток не выявлено [30].

В 2008 году Ю.С. Ольшевская и др. рассмотрели прямые последствия ТГц-излучения на изолированные нейроны *Lymnaea stagnalis* [31]. Воздействие проводили FEL-излучателем, используя следующие параметры экспозиции: частоты 0,7; 2,49; 3,69 ТГц; 0,3–30 мВт/см², продолжительность от 1 мин. После экспозиции наблюдались следующие эффекты: рост клеток, увеличение регенерации нервной ткани и способности поддерживать мембранный потенциал.

Для всех используемых во время испытания частот авторы наблюдали, что ТГц-излучение воздействовало на клетки дозозависимо, где малые эффекты появились на более низкой мощности ($\leq 1,0$ мВт/см²), и выраженные эффекты при более высокой мощности (≥ 30 мВт/см²), в частности, наибольшие показатели клеточного роста, адгезии (70–80 % от облученных клеток), структуры мембран, внутриклеточной структуры и неврального мембранного потенциала покоя. Несмотря на то, что температура не измерялась в этом исследовании, вычислительные данные предсказывают, что температура нервов увеличилась не более (!) чем на 2,0 °С. Учитывая короткий срок воздействия, незначительный тепловой эффект, которые, как правило, не приводят к значительным изменениям, авторы решили, что механизм, ответственный за наблюдаемые эффекты, остается неясным.

В 1991 году В.К. Киселёв и др. оценивали воздействие терагерцевого излучения на производство клеток гемолиза у крыс, иммунизированных стафилококковой вакциной [32]. Авторы брали иммунокомпетентные клетки из селезёнки крыс, а затем изучали эффект ТГц-воздействия на производство клеток гемолиза, вырабатываемых бактериями стафилококков для лизиса эритроцитов. Воздействие проводили с использованием FIR-источника, используя следующие параметры: 25 °С; 0,89 ТГц; 0,06–0,25 мВт/см²; 15 мин. Авторы отметили, что ТГц-воздействие с использованием более низких освещённостей (0,06–0,125 мВт/см²) индуцировало умеренную стимуляцию производства гемолизинных клетками селезёнки крыс, тогда как более высокие освещённостей (0,25 мВт/см²) вызывают уменьшение производства. Авторы сообщают, что механизм, ответственный за это окно эффекта, не ясен. Повышение температуры при этом исследовании составляет менее 1 °С в течение экспозиции. Полученные в поисковом эксперименте на образцах спленоцитов, выделенных из селезёнки лабораторных животных, данные указывали на дозозависимый характер влияния лазерного облучения нетепловой интенсивности с длиной волны 337 мкм на реактивность иммунокомпетентных клеток, что позволило сделать вывод о перспективности дальнейших исследований в этом научном направлении.

В исследовании Е.А. Прониной, С.В. Райковой и др. изучено влияние ЭМИ на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения (МСИП) оксида азота (150 ГГц) и атмосферного кислорода (129 ГГц) на течение экспериментальной гнойной инфекции, вызванной антибиотикочувствительными и антибиотикорезистентными штаммами *Pseudomonas aeruginosa* [33]. Исследование показало, что облучение на частоте МСИП оксида азота положительно влияют на течение раневого процесса.

Группа канадских учёных исследовала воздействие ТГц-излучения на трёхмерную модель человеческой кожи, включающую эпидермоциты и фибробласты. Использовалось ТГц-излучение длиной волны 0,15–3,0 мм в импульсном режиме: продолжительность одного импульса около 1,7 пс, частота импульсов 1 кГц, плотность потока излучения 57 мВт/см², длительность экспозиции 10 минут. Результат: в указанных параметрах терагерцевое излучение вызывает повреждение ДНК в форме разрывов её двойных цепей [34]. В данном исследовании обращает на себя внимание мощность источника излучения, при длине волны от 150 до 3000 мкм – это на 100 % перестраиваемый фемтосекундный лазер. Не удивительно, что происходит разрыв двойных цепей ДНК, т. к. в этом диапазоне частот лежат собственные колебательные моды ДНК.

Изменение температурного режима облучаемой поверхности, среды или модели кожи человека ни в одном исследовании не отмечено, поэтому приводим для сравнения исследование 1968 года Webb S.J et al., которые провели эксперимент по изучению влияния ТГц-излучения на клеточные системы [35]. Они исследовали влияние ТГц-излучения на рост палочек *E. Coli*. Воздействие проводили с помощью источника Kylstron следующими параметрами: 25 °С; 0,136 ТГц; 0,22 мВт/см²; 30–240 мин. Зоны роста микроколонии были оценены после экспозиции с помощью покадровой фотографической съёмки, температура измерялась при каждой экспозиции. Результаты этого исследования показывают, что ТГц-излучение ингибирует рост клеток *E. Coli*. Наблюдаемые эффекты увеличивались с длительностью экспозиции, где при 150 минутах и 240 минутах воздействия рост клеток уменьшался в

два и семь раз соответственно. Авторы наблюдали повышение температуры не более чем на 1 °С в течение экспозиции.

В свою очередь В.Ф. Киричук и др. провели исследование, чтобы определить, может ли ТГц-излучение быть использовано для лечения пациентов с нестабильной стенокардией [19]. ТГц-излучение, как известно, сильно поглощается оксид азота (NO), поэтому авторы предположили, что ТГц-метод лечения может быть использован для коррекции реологических свойств крови. Чтобы проверить эту гипотезу, авторы исследовали образцы крови здоровых пациентов ($n = 150$) и пациентов, страдающих нестабильной стенокардией ($n = 60$). Образцы крови были обработаны Isoket (нитрат, сосудорасширяющее средство) и ТГц-излучением (0,24 ТГц; 1 мВт/см²; в течение 15 минут). Эффект лечения оценивали после воздействия, используя такие реологические свойства крови, как вязкость, агрегация и деформируемость эритроцитов. Результаты этой работы показали, что облучение ТГц-волнами образцов крови, обработанных Isoket, способствует снижению вязкости крови, не влияет на агрегацию эритроцитов и увеличение деформируемости эритроцитов. Авторы заключили, что ТГц-излучение может использоваться для лечения пациентов, страдающих нестабильной стенокардией. Однако, по мнению исследователей, лучше непосредственно облучать кровь с помощью специальных внутривенных оптических зондов. Температура в данном исследовании повышалась незначительно. Следовательно, полученный эффект не вызван воздействием тепла на макроскопические объекты.

ТГц-индуцированные биологические эффекты, которые приводятся в научных публикациях, зависят от двух факторов: параметров излучения (частоты, мощности, длительности воздействия) и свойств кожи биологической мишени как объекта для ТГц-излучения. Учитывая, что оптическая глубина проникновения низкочастотного ТГц-излучения – несколько сот микрон, высокочастотного – только до пятидесяти микрон.

Перед исследователями возникал резонный вопрос об эффективности лечебного воздействия ТГц-излучения за исключением воздействия на поверхностные ткани. Поскольку оптическая глубина

поглощения очень мала, то каким образом донести терагерцевые частоты до внутренних органов, пораженных патологическим процессом или являющихся наиболее заинтересованными в этиопатогенезе заболевания?

Существующие физические параметры электромагнитных волн характеризуются длиной волны λ , частотой f , напряженностью электрического поля E , напряженностью магнитного поля H , электрической поляризацией P , направлением энергии поля E , скоростью распространения C и вектором наведения направления S . В медико-биологических исследованиях используется наиболее распространенный параметр – плотность потока энергии, который выражается в мВт/см² [36, 37, 38].

Учитывая вышеизложенное, необходимо отметить следующее. Во-первых, в различных исследованиях в основном приводятся следующие параметры излучения терагерцевого диапазона – это, как правило, одна частота (моночастота) и соответствующая длина волны, а также мощность и длительность воздействия.

Во-вторых, многие исследователи не рассматривают особенности моночастот или их широкого спектра, а также способы доставки терагерцевых частот к зоне воздействия при производстве физиотерапевтической аппаратуры, не учитывают также низкую проникающую способность данного физического фактора (ФФ).

В-третьих, нет должного обоснования выбору места для воздействия, т. е. анатомической специфичности, а также вектору направления S электромагнитных волн.

В-четвертых, в эксперименте и в клинических исследованиях решение этих проблем остается насущным, так как эти составляющие влияют на эффективность прикладного использования ТГц-излучения в том или ином направлении клинической медицины.

Сдерживание широкого использования ТГц-диапазона частот в клинической медицине сопровождалось многими факторами, одним из которых являлось отсутствие получения терапевтического эффекта на практике, хотя, по результатам экспериментальных исследований, этот относительно новый вид излучения должен был стать весьма

перспективным методом физиотерапии [39, 40, 41]. По мнению профессора О.В. Бецкого, (2008), ожидался своего рода «терагерцевый бум». Широко распространилось мнение, что с этим направлением в XXI в. будут связаны многие открытия в фундаментальной физике; что терагерцевые исследования станут одной из наиболее многообещающих областей биофизики и новых технологий; что будут созданы уникальные приборы с использованием терагерцевых изображений («Т-изображений») для самых разных отраслей – от медицины и химической идентификации молекул до пищевой промышленности и розничной торговли [42, 43].

Появилось большое количество работ связанных с изучением эффектов, возникающих вследствие облучения волнами моночастот, которые позиционировались как ТГц-диапазон, при воздействии на различные биологические объекты [44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52].

В связи с низкой интенсивностью интегрально-го нагрева облучаемых объектов в эксперименте, не превышающей 0,1 °С, некоторые исследователи ТГц-излучение стали относить к информационным, нетепловым воздействиям [53]. Изучение физических свойств излучения способствовало проведению исследований, направленных на выяснение частотных характеристик ТГц-диапазона различных биохимических реакций, физиологических процессов, клеточных структур, белковых молекул, газов-метаболитов. На основании этого формировались представления о лечебном эффекте и механизме действия ТГц-диапазона. Одной из гипотез влияния ТГц-частот на биологические объекты стали рассматриваться так называемые резонансные эффекты, которые возникают при совпадении с частотами внешнего электромагнитного воздействия [54]. Но, учитывая остроту, многофакторность этиопатогенеза, множественность разрушительных реакций ишемического инсульта (ИИ) для организма, в терапевтическом аспекте для современной тактики лечения и реабилитации клиницистам требовались широкая комбинация и сочетание полезных параметров ЛФФ для получения терапевтического эффекта в самых сложных случаях при данной патологии.

Применение в комплексном лечении и реабилитации ТГц-диапазона требовало не только использования отдельных моночастот, но и их сочетания («пакета частот», в том числе и резонансных), а также способа их «доставки». Такой подход учитывал бы индивидуальные физиологические особенности пациента и являлся бы персонифицированным методом с учётом этиопатогенетического механизма и анатомической специфичности при воздействии. Длительное время решение такой задачи вначале не находило конструктивного технического решения. Современная тактика физиотерапевтического лечения (ФТЛ) при ИИ с наличием многообразия, динамики клинической симптоматики и критических состояний нуждается в динамичном выборе анатомической зоны для воздействия и простых специальных методологических приёмов объективной оценки эффективности проводимых мероприятий.

Одним из важных, на наш взгляд, аспектов, сыгравших значительную роль в использовании данного ЛФФ в клинической практике при ОНМК, было создание физиотерапевтической аппаратуры с источником терагерцевого излучения и широкой полосой частот.

Значение роли острых воспалительных реакций, латентных воспалительных процессов и иммунного ответа подтверждено в патогенезе инсульта фундаментальными исследованиями, проведенными в США. Был выявлен цитокиновый дисбаланс при данной патологии с дефицитом защитных противовоспалительных цитокинов и тропических факторов [55].

Учитывая осложняющее значение воспалительного процесса при возникновении инсульт-зависимых инфильтративных изменений в лёгких, нами было проведено исследование о влиянии ТГц-диапазона на наиболее часто встречающуюся патогенную микрофлору, выявляемую при посевах у пациентов с пневмониями. Протокол прилагается ниже.

Предварительное исследование по определению бактерицидного (БЦ) и бактериостатического (БС) эффекта при облучении инфракрасным терагерцевым излучением (ИКТИ) патогенной микрофлоры с помощью аппарата «ИК-Диполь».

Суспензию контрольных штаммов каждого из микроорганизмов (МО) в разведении 10⁴ КОЕ/мл

Таблица 2

Результаты исследования на штаммах микроорганизмов

№ п/п	Возбудитель	Экспозиция (мин)	БС-эфф.		БЦ-эфф.	
			24 ч	48 ч	24 ч	48 ч
1.	Enterococcus faecalis ATCC 29212	22,5	нет	нет	нет	нет
		57	нет	нет	нет	нет
		90	нет	нет	нет	нет
2.	Staphylococcus aureus ATCC 23213	22,5	нет	нет	нет	нет
		57	нет	нет	нет	нет
		90	нет	нет	нет	нет
3.	Escherichia coli ATCC 25922	22,5	нет	нет	нет	нет
		57	нет	нет	нет	нет
		90	нет	нет	нет	нет
4.	Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853	22,5	нет	нет	нет	нет
		57	нет	нет	нет	нет
		90	нет	нет	нет	нет
5.	Klebsiella pneumoniae ATCC 700603	22,5	нет	нет	нет	нет
		57	нет	нет	нет	нет
		90	нет	нет	нет	нет

засевали в две чашки Петри (чП) с колумбийским агаром. Одну чП с культурой подвергали воздействию ИКТИ с помощью аппарата «ИК-Диполь», во второй, контрольной, чП, облучение МО не проводилось. Основание излучателя аппарата располагалось на расстоянии 1 см от облучаемой поверхности. Экспозиции пяти чП с облучаемыми штаммами составляли 22,5 мин, 57 мин и 90 минут. В контрольных чП воздействие не проводилось. После воздействия облученные и контрольные чП сразу помещали в термостат и инкубировали при температуре 35 °С. Учёт результатов проводили через 24 и 48 часов. Рост всех исследованных штаммов МО и в контрольной группе, и в группе, подвергшейся воздействию ТГц с экспозицией 22,5 мин, 57 мин и 90 мин с помощью аппарата «ИК-Диполь», был идентичен как через 24 часа, так и через 48 часов (см. Таблица 2). Полученные данные свидетельствуют об отсутствии БЦ- и БС-эффекта на облучаемые штаммы МО ТГц-диапазоном широкополосных частот, генерируемых аппаратом «ИК-Диполь».

Оказалось, что при непосредственном воздействии ИКТИ на микрофлору ни бактерицидного,

ни бактериостатического эффекта не происходит. Хотя по динамике клинико-лабораторных данных происходила значительная положительная динамика. При посевах на чувствительность к антибиотикам была отмечена резистентность. Сотрудниками клинико-диагностической лаборатории (зав. КДЛ проф. Е.П. Баранцевич) было утвердительно отмечено положительное влияние ИКТИ на точку акупунктуры (ТА) Да-бао (RP21) слева с запуском широкого спектра саногенетических процессов при инфилтративных изменениях. Данные факты явились основой для применения ИКТИ при различном генезе пневмониях, с последующей патентной разработкой [56]. Динамика клинико-лабораторных, рентгенологических данных приводится в патенте. Учитывая значение температурных аномалий, выявленных при ОНМК в репрезентативных ТА, следует отметить, что, по данным Б.И. Ткаченко (2008), в системе терморегуляции организма используются эффекторные пути сердечно-сосудистой, дыхательной, скелетной мускулатуры и мочевыделительной [57]. Сохранение баланса теплопродукции и теплоотдачи

для поддержания оптимума температуры осуществляется преимущественно за счёт изменения просвета сосудов при влиянии симпатического отдела вегетативной нервной системы. Повышение или активация симпатического тонуса вызывают сужение кровеносных сосудов, а ослабление приводит к расширению. По данным Б.И. Ткаченко, состояние гипотермии (температура тела ниже 35,0 °С) и гипертермии (температура выше 37,0 °С) происходит при непосредственном участии как центра терморегуляции, так и симпатического отдела вегетативной нервной системы. По нашему мнению, эти представления могут быть распространены и на ТА, при воздействии на которые включаются физиологические механизмы регуляции симпатического тонуса при его нарушении у больных с ИИ. Клиническая симптоматика и температурные аномалии, выявляемые у больных с ИИ, в отличие от здоровых, свидетельствуют о последствиях нарушений в физиологических системах, характерных для симпатической регуляции (включая центральный уровень).

Рассмотрим основные экспериментальные образцы и серийно выпускаемые физиотерапевтические аппараты, которые считаются и позиционируются как источники терагерцевого излучения для медицинских целей.

1. Применению терагерцевых моночастот в клинической медицине способствовали работы временного научного коллектива, созданного на базе института радиотехники и электроники РАН и ЦИТО. Авторами использовалось ЭМИ КВЧ в травматологии и ортопедии, которое рассматривалось как терагерцевое направление [58].

2. Открытие острорезонансного характера поглощения НИ ЭМИ КВЧ живыми средами [59] инициировало появление приборов, работающих на моногармонических фиксированных частотах с длинами волн 4,9; 5,6; 7,1 мм («Явь-1», «КВЧНД» и т. п.). Электромагнитное облучение на частоте 42,2 ГГц (длина волны 7,1 мм при падающей мощности 10 мВт/см²) вызывало снижение индексов агрегации эритроцитов и возрастание деформируемости их мембран. При инкубации облучённых эритроцитов с необлучёнными у последних произошло также снижение способности к агрегации

по сравнению с контрольными данными. Аналогичные изменения наблюдаются при использовании ЭМИ на частоте 53,5 ГГц (5,6 мм).

В исследованиях было показано, что инкубация необлучённых тромбоцитов больных стенокардией с их эритроцитами, подвергнутыми облучению ЭМИ на частотах 42,2 (7,1 мм) и 53,5 ГГц (5,6 мм), приводила к снижению функциональной активности тромбоцитов, что сопровождалось падением их способности к агрегации по сравнению с группой контроля – тромбоцитами, не подвергшимися облучению. Это позволило сделать вывод о существовании «КВЧ-индуцированного межклеточного взаимодействия» [60].

Хотя по техническим характеристикам аппараты «Явь-1», «КВЧНД» и т. п. не относятся к терагерцевым, так как нижней границей является в этом направлении частотная характеристика от 300 ГГц, они явились отправной точкой в развитии практического применения моночастот терагерцевого диапазона в медицине.

3. В качестве источника низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ использовался серийно выпускаемый аппарат «АМФИТ-0,2/10-01» с шумовым ЭМИ 53–78 ГГц (ООО «ФизТех», Н. Новгород, Россия), а также экспериментальная модель, разработанная на его основе, с диапазоном частот 110–170 ГГц и уровнем мощности 1 мВт.

Проведённые исследования в области нетепловых (информационных) взаимодействий низкоинтенсивных микроволн с организмом позволили исследователям сделать вывод о преимуществах использования шумовых широкополосных частотных диапазонов, которые влияют на структурные превращения больших органических молекул (усиливают образование петель в структуре ДНК), что может напрямую менять ход биохимических реакций в развитии метаболических эффектов [61,62].

Следует отметить, что по физическим параметрам частотные характеристики этих аппаратов, как серийно выпускаемых, так и экспериментального образца, относятся к ГГц-диапазону. По мнению многих исследователей, реакционная способность молекул, возбужденных терагерцевым квантом, на порядок выше, чем при возбуждении КВЧ-диапазоном [63].

4. Разработкой аппаратуры, которая позиционируется с параметрами терагерцевого диапазона и методиками для медицинского применения, занимается Саратовский государственный медицинский университет. Для этих целей выпускается и используется аппарат «ОРБИТА» и его модификации. Основное направление – заживление ран после кардиохирургических операций, лечение ожогов, быстро прогрессирующего пародонтита [64], алкогольной полинейропатии [65].

5. В направлении по офтальмологии при глаукоме в аппарате «Орбита» используется частота 129 ГГц [66].

6. В аппаратах ТГц-терапии «ОРБИТА» используется также частота молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота ($150,0 \pm 0,75$ ГГц, $150,176 - 150,664$ ГГц) в урологической практике [67]. По анализу научных публикаций наиболее предпочтительным считается создание аппаратной базы на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения (МСИП) атмосферного кислорода $129 \pm 0,75$ ГГц, поскольку имеются данные о положительном эффекте при воздействии указанных частот на реологические свойства крови и функциональную активность тромбоцитов в эксперименте [68, 69]. Это послужило фактором для применения при нестабильной стенокардии у пациентов, получавших на фоне медикаментозной терапии, лечение ЭМИ ТГц-диапазона, соответствующего частоте излучения и поглощения молекулярного кислорода с помощью аппарата «КВЧ-О2» [70]. Длительность процедур – 3 мин, курс лечения – 5–10 процедур, локализация облучения – область мечевидного отростка грудины. Терагерцевый диапазон включал при этом моночастоты частоты молекулярного спектра оксида азота (МОА) ($150,176-150,644$ ГГц) – ТГц NO-терапия [71, 72].

Следует внести ясность по спектру поглощения МОА. В справочнике по химии, приведённом на официальном сайте Национального института стандартов и технологии США, указано, что в инфракрасной области NO имеет пять областей поглощения в диапазоне от 4,5 до 7,5 мкм [73]. Эти полосы поглощения NO в инфракрасной области соответствуют длинам волн 5,29; 6,23; 6,35 и 6,62 мкм [74]. Интересно, что как раз в СубММ диапазоне, т. е. в

том интервале, который обычно называют терагерцевым, у МОА нет полос поглощения по данным IAU (Международного астрономического союза) [75]. В соответствии с регламентирующими документами ГОСТ 24375–80 и рекомендациями ИТУ, терагерцевый частотный диапазон определяется как диапазон частот от 300 ГГц до 3 ТГц (диапазон длин волн от 1 до 0,1 мм) и, в связи с этим, частотные параметры перечисленных аппаратов серии «Орбита», «Квч-02», «Амфит-0,2/10-01» не могут рассматриваться как источники для получения ТГц-излучения. Частоты этих аппаратов, как и предыдущих, относятся к ГГц-диапазону.

Использование ИК-излучения среднего и дальнего диапазона как несущей волны для модуляции широкой полосы ТГц-частот в аппарате «ИК-Диполь» и модели для воздействия на ТА рассматривается перспективной разработкой в России, не имеющей аналогов и за рубежом. Таким образом, на основании анализа открытых источников можно отметить, что ТГц-излучение, как ЛФФ, используемый в виде моночастот и частот с широкой полосой в настоящее время при ОНМК, в клинических и экспериментальных работах не рассматривается. Экспериментальные работы при применении моночастот ТГц-излучения с направленностью воздействия на биомолекулы (альбумин, алкогольдегидрогеназу, пероксидазу, трипсин, гемоглобин), а также патогенную микрофлору показали отсутствие каких-либо повреждающих изменений на них данного физического фактора. В научных публикациях отмечается значительный уклон от клинической направленности изучения данного физического фактора в сторону медицинской диагностики различных заболеваний человека и животных.

Анализ методик применения ТИКЛТ при ИИ выявил проблему отсутствия избирательного выбора зоны воздействия данным ФФ при проведении как экспериментальных, так и клинических исследований. Применяемая аппаратура для ТГц-излучения в проводимых исследованиях с использованием терагерцевых моночастот не позволяла получить стойкий клинический эффект и, видимо, поэтому не нашла должного применения в клинической медицине при ИИ. Следует также отметить, что только транскраниальная направленность воздействия

ТГц-излучением при инсульте, на наш взгляд, далеко не единственный подход при лечении больных с ОНМК с использованием данного ЛФФ в остром периоде заболевания.

Методик о применении ТГц-диапазона частот на центральный, сегментарный, периферический отделы ЦНС, алгоритма и последовательности их использования с температурным контролем при ОНМК в доступной литературе нами не обнаружено.

С 2011 г. в ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» (С. Петербург) успешно проводится клиническое применение аппарата «ИК-Диполь» в лечении и ранней реабилитации пациентов с последствиями ОНМК в остром периоде и терапии, нозокомиальной и вентилятор-ассоциированной пневмонией, возникающими после кардиохирургических операций [78, 79]. Предлагаемая гипотеза механизма действия широкополосного диапазона терагерцевых частот при последствиях ОНМК с помощью аппарата «ИК-Диполь» и модели для пунктурного воздействия на ТА будет приведена в следующем разделе обзора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Efficacy and Safety Trial of Transcranial Laser Therapy within 24 Hours from Stroke Onset (NEST-3): NCT01120301 results [Electronic resource] // University of Alabama (Birmingham, USA). – URL: <https://www.clinicaltrials.gov/ct2/show/results/NCT01120301> (дата обращения: 20.02.2020).
2. Hacke, W. Transcranial laser therapy in acute stroke treatment: results of NeuroThera effectiveness and safety trial 3, a phase III clinical end point device trial [Text] / W. Hacke [et al] // Stroke. – 2014. – Vol. 45(11). – P. 3187–3193.
3. Safety of Rt-PA + Transcranial Emission of Low-Energy Lasers for Acute Stroke Recovery (StELLAR): NCT01220739 results [Electronic resource] // University of California (San Diego, USA). – URL: <https://www.clinicaltrials.gov/ct2/show/results/NCT01220739> (дата обращения: 20.02.2020) Light therapy // Wikipedia. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Light_therapy.
4. Transcranial Laser Therapy in the Rehabilitation of Hemiplegic Patients from Ischemic Stroke (REHELA): NCT01308216 results [Electronic resource] // ClinicalTrials.gov. – URL: <https://www.clinicaltrials.gov/ct2/show/results/NCT01308216> (дата обращения: 20.02.2020).
5. Reimers, J.R. Weak, strong, and coherent regimes of Fröhlich condensation and their applications to terahertz medicine and quantum consciousness [Text] / J.R. Reimers [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences (USA). – 2009. – Vol. 106(11). – P. 4219–4224.
6. Бецкий, О.В. Миллиметровые волны низкой интенсивности в медицине и биологии [Текст] / О.В. Бецкий, Н.Д. Девятков, В.В. Кислов // Биомедицинская радиоэлектроника. – 1998. – № 4. – С. 13–29.
7. Голант, М.Б. Биологические и физические факторы, обуславливающие влияние монохроматических электромагнитных излучений миллиметрового диапазона малой мощности на жизнедеятельность [Текст] / М.Б. Голант // Применение миллиметрового излучения низкой интенсивности в биологии и медицине. – М.: ИПЭ АН СССР, 1985. – С. 21–36. 14.
8. Бецкий, О.В. Проблемы и перспективы КВЧ-терапии [Текст] / О.В. Бецкий // Избранные вопросы КВЧ-терапии в клинической практике: информационный сб. – М.: МО СССР. – 1991. – № 4(61). – С. 166–180.
9. Wilmink G.J. Invited Review Article: Current State of Research on Biological Effects of Terahertz Radiation [Text] / G.J. Wilmink, J.E. Grundt // Journal of Infrared Millimeter Terahertz Waves. – 2011. – Vol. 32(10). – P. 1074–1122.
10. Реуков, А.С. Современные представления о возможностях и механизме действия нефармакологических методов лечения [Текст] / А.С. Реуков [и др.] // Военно-медицинский журнал. – 2015. – № 11(336). – С. 37–47.
11. Кирьянова, В. В. Терагерцевое излучение в лечении острых заболеваний и состояний, резистентных к стандартным методам терапии [Текст] / В.В. Кирьянова // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Актуальные вопросы фототерапии в лечении и реабилитации». – Санкт-Петербург, 2014. – С. 20–21.
12. Патент 170934 Российская Федерация, МПК А 61 N 5/02, А 61 Н 39/00. Аппарат для терагерцевой пунктуры [Текст] / Баграев Т.Н., Реуков А.С., Преснухина А.П., Моршкин В.С., Клячкин Л.Е., Козленок А.В., Маляренко А.М., Георгиади В.В, Новиков Б.А.; заявитель и патентообладатель ФГБУ «СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова» МЗ РФ, ООО «Дипольные структуры». – № 2016135449; заяв. 31.08.2016; опубл. 15.05.2017, Бюл. № 14. – 7 с.
13. Реуков, А.С. Терагерцевое излучение в лечении резистентной к стандартным методам терапии после-

- операционной тетраплегии [Текст] / А.С. Реуков // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Актуальные вопросы фототерапии в лечении и реабилитации», СПб.: СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2014. – С. 20–21.
14. 136. Реуков А.С. [и др.]. Эффективность инфракрасно-терагерцевого излучения с акупунктурой в начальный период ишемического инсульта / Реуков А.С., Голота А.С., Ивченко Е.В. и др. // Воен.-мед. журн. 2016. Т. 337, № 9. С. 37–41.
15. Huber, R. How many-particle interactions develop after ultrafast excitation of an electron-hole plasma [Text] / R. Huber [et al.] // Nature. – 2001. – Vol. 414. – P. 286.
16. Dudovich, N. Single-pulse coherently controlled nonlinear Raman spectroscopy and microscopy [Text] / N. Dudovich, D. Oron, Y. Silberberg // Nature. – 2002. – Vol. 418. – Article ID 6897. – P. – 512–514.
17. Киричук, В.Ф. Антистрессорное действие электромагнитного излучения терагерцевого диапазона частот молекулярного спектра оксида азота [Текст] / В.Ф. Киричук [и др.] // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2004. – № 11. – С. 12–20. 279.
18. Kirichuk, V. Effects of Terahertz Irradiation at Nitric Oxide Frequencies on Intensity of Lipoperoxidation and Antioxidant Properties of the Blood under Stress Conditions [Text] / V. Kirichuk, A. Tsymbal // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. – 2009. – Vol. 148(2). – P. 200–203.
19. Kirichuk, V. Use of terahertz electromagnetic radiation for correction of blood rheology parameters in patients with unstable angina under conditions of treatment with Isoket, an NO donor [Text] / V. Kirichuk [et al.] // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. – 2008. – Vol. 146(3). – P. 293–296.
20. Kirichuk, V. Use of Terahertz Electromagnetic Waves for Correcting Hemostasis Functions [Text] / V. Kirichuk, A. Tsymbal // Biomedical Engineering. – 2010. – Vol. 44(1). – P. 11–14.
21. Xu, M. FIR laser irradiation in wheat [Text] / M. Xu, S. Xiong // Applied infrared and optoelectronics. – 1988. – V.4. – P. 30.
22. Усанов Д.А., Романова Н.В., Салдина Е.А. // Экономика науки. 2017. Т. 3. № 3. С. 189. doi 10.22394/2410-132X-2017-3-3-189-202.
23. Govorun, V.M. Far-infrared radiation effect on the structure and properties of proteins [Text] / V.M. Govorun [et al.] // International Journal of Infrared and Millimeter Waves. – 1991. – Vol. 12(12). – P. 1469–1474.
24. Il'ina, S. Possible role of water in transmitting the effect of millimeter range radiation to biological objects [Text] / S. Il'ina [et al.] // Biofizik. – 1979. Vol. 24(3). – P. 513.
25. Hintzsche, H. Terahertz electromagnetic fields (0.106 THz) do not induce manifest genomic damage in vitro [Text] / H. Hintzsche [et al.] // PLOS One: Research Article. – 2012. – Vol. 7(9). – Article ID 46397. – 8 p.
26. Borovkova, M. Investigation of terahertz radiation influence on rat glial cells [Text] / M. Borovkova [et al.] // Biomedical Optics Express. – 2016. – Vol. 8(1). – P. 273–280.
27. Pogodin, A.S. Effect of low power radiation on some bioobjects [Text] / A.S. Pogodin, V.I. Fedorov // Proceedings of the 7th International Conference "Laser Applications in Life Sciences" (Bratislava). – 1998. – P. 1–14.
28. Островский, Н.В. Комплексное лечение ожоговых ран терагерцевыми волнами молекулярного спектра оксида азота [Текст] / Н.В. Островский [и др.] // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2004. – № 11. – С. 55–61.
29. Киричук, В.Ф. Влияние терагерцевого излучения на частотах оксида азота на интенсивность процессов липопероксидации и антиоксидантные свойства крови в условиях стресса [Текст] / В.Ф. Киричук, А.А. Цимбал // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2009. – № 8(148). – С. 166–169.
30. Bogomazova, A.N. No DNA damage response and negligible genome-wide transcriptional changes in human embryonic stem cells exposed to terahertz radiation [Text] / A.N. Bogomazova [et al.] // Scientific Reports. – 2015. – Vol. 5. – Article ID 7749. – 6 p.
31. Ольшевская, Ю.С. Влияние на нейроны in vitro терагерцевого (субмиллиметрового) лазерного излучения. [Текст] / Ю.С. Ольшевская и [др.] // Журнал Высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. – СПб.: «Наука», 2009. – № 3(29). – С. 353–359.
32. Киселев, В.К. Применение субмиллиметровой лазерной техники в иммунологических исследованиях [Текст] / В.К. Киселев [и др.] // Радиотехнические системы миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов: сб. науч. трудов. – Харьков: Институт радиоп физики и электроники АН УССР. – 1991. – С. 176–181.
33. Пронина, Е.А. Влияние электромагнитного излучения на течение экспериментальной раневой инфекции [Текст] / Е.А. Пронина [и др.] // Саратовский

- научно-медицинский журнал. – 2010. – № 3(6). – С. 500–503.
34. Titova, L.V. Intense THz pulses cause H2AX phosphorylation and activate DNA damage response in human skin tissue [Text] / L.V. Titova [et al.] // *Biomedical Optics Express*. – 2013. – Vol. 4(4). – P. 559–568.
 35. Webb, S.J. Inhibition of bacterial cell growth by 136 gc microwaves [Text] / S.J. Webb, D.D. Dodds // *Nature*. – 1968. – Vol. 218. – Article ID 5139. – P. 374–375.
 36. Боголюбов, В. М. Общая физиотерапия [Текст] / В.М. Боголюбов, Г.Н. Пономаренко. – М.: Медицина, 1999. – 432 с.; 47. Запорожан, В. Н. Медико-биологические аспекты миллиметрового излучения: сборник [Текст] / В.Н. Запорожан [и др.]. – М.: ИРЭ АН СССР, 1987. – С. 21–34.
 37. Киричук, В. Ф. Состояние сосудисто-тромбоцитарного звена системы гемостаза и его коррекция с помощью электромагнитного излучения миллиметрового диапазона [Текст] / В.Ф. Киричук, Г.Е. Махова // *Миллиметровые волны в биологии и медицине*. – 2000. – № 1. – С. 8–23.
 38. Руденко, Т. Л. Физиотерапия [Текст] / Т.Л. Руденко. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – 352 с.
 39. Казаринов, К.Д. Биологические эффекты электромагнитного поля терагерцевого диапазона [Текст] / К.Д. Казаринов // *Электронная техника: СВЧ-техника*. – 2009. – № 4(503). – С. 48–58.
 40. Кулипанов, Г.Н. Генерация и использование терагерцевого излучения: история и перспективы [Текст] / Г.Н. Кулипанов // *Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Физика*, 2010. – № 4(5). – С. 24–27.
 41. Чекрыгин, В.Э. Терагерцевый диапазон на страже здоровья [Текст] / В.Э. Чекрыгин // *Известия Южного федерального университета: технические науки*. – 2009. – № 7(96). – С. 102–107.
 42. Wu, Q. Dynamic range of an electro-optic field sensor and its imaging application [Text] / Q. Wu [et al.] // *Applied Physics Letters*. – 1996. – Vol. 68(23). – P. 3224–3226;
 43. Wu, Q. Two-dimensional electro-optic imaging of terahertz beams [Text] / Q. Wu, T.D. Hewitt, X.C. Zhang // *Applied Physics Letters*. – 1996. – Vol. 69(8). – P. 1026–1028.
 44. Ольшевская, Ю.С. Влияние терагерцевого (субмиллиметрового) лазерного излучения на проницаемость клеточных мембран [Текст] / Ю.С. Ольшевская [и др.] // *Вестник НГУ*. – 2010. – № 4(5). – С. 177–181.
 45. Киричук, В.Ф. Воздействие терагерцевого облучения высокой мощности на агрегацию тромбоцитов и поведенческие реакции белых крыс [Текст] / В.Ф. Киричук, Е.В. Андронов, Н.В. Васильева // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. – 2009. – № 11(147). – С. 499–502.
 46. Zalyubovskaya, N.P. To biological activity of radiation in millimeter and submillimeter ranges [Text] / N.P. Zalyubovskaya [et al.] // *Eksperimental'noy i Klinicheskoy Radiologii*. – 1970. – V.6. – P. 202–205.
 47. Zhengyu, Mi Biological research by optically pumped far infrared lasers [Text] / Mi Zhengyu // *Infrared Physics*. – 1989. – 29(2/4). – P. 631–636.
 48. Alexandrov, B.S. Specificity and Heterogeneity of Terahertz Radiation Effect on Gene Expression in Mouse Mesenchymal Stem Cells [Text] / B.S. Alexandrov, B.S. [et al.] // *Scientific Reports*. – 2013. – Vol. 3. – Article ID 1184. – P. 1–8.
 49. Zeni, O. Cytogenetic observations in human peripheral blood leukocytes following in vitro exposure to THz radiation: a pilot study [Text] / O. Zeni [et al.] // *Health Physics*. – 2007. – V. 92(4). – P. 349–572.
 50. Yin, X. Terahertz Imaging for Biomedical Applications [Text] / X. Yin, B. Ng, D. Abbott. – 2012. – P. 316.
 51. Weightman, P. Prospects for the study of biological systems with high power sources of terahertz radiation [Text] / P. Weightman // *Physical Biology*. – 2012. – Vol. 9(5). – Article ID 053001.
 52. Вайсман, Н. Я. Выживаемость и продолжительность жизни *Drosophila melanogaster* после воздействия терагерцевым излучением [Текст] / Н.Я. Вайсман [и др.] // *Успехи геронтологии* – 2013. – № 4(26). – С. 631–637.
 53. Бецкий, О.В. Современные представления о механизмах воздействия низкоинтенсивных миллиметровых волн на биологические объекты [Текст] / О.В. Бецкий, Н.Н. Лебедева // *Миллиметровые волны в биологии и медицине*. – 2001. – № 3. – С. 5–19.
 54. Гуляев, Ю.В. Терагерцевая техника и ее применение в биомедицинских технологиях [Текст] / Ю.В. Гуляев [и др.] // *Успехи современной радиоэлектроники*. – 2008. – № 9. – С. 30–167.
 55. Del Zoppo, G. Lessons from Stroke Trials Using Anti-inflammatory Approaches That Have Failed [Text] / G. Del Zoppo // *Ernst Schering Foundation Symposium Proceedings: Neuroinflammation in Stroke*. – 2004. – Vol. 47. – P. 155–184.

56. Патент 2638462 Рос. Федерация, МПК А 61 Н 39/02, А 61 Н 5/067, А 61 В 5/01. Способ лечения пневмонии у больных кардиохирургического профиля в раннем послеоперационном периоде, находящихся на искусственной вентиляции лёгких или с интубацией / Реуков А.С., Преснухина А.П., Морошкин В.С., Козленок А.В., Наймушин А.В.; заявит. и патентооблад. ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» МЗ РФ. № 2016152449; заяв. 28.12.2016; опубл. 13.12.2017, Бюл. № 35. 12 с.
57. Ткаченко, Б.И. Нормальная физиология человека: учебник для высших учебных заведений [Текст] / Б.И. Ткаченко. – М.: Медицина, 2008. – С. 601–603.
58. Каменев, Ю.Ф. Применение электромагнитного излучения в травматологии и ортопедии [Текст] / Ю.Ф. Каменев // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1999. – № 2. – С. 20–24.
59. Петросян, В.И. Эффекты резонансного взаимодействия ММ-волн с водными биосредами [Текст] / В.И. Петросян [и др.] // Сб. докладов 11 Российского симпозиума с международным участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.: ИРЭ РАН, 1997. – С. 139.
60. Киричук, В. Ф. КВЧ-излучение и клеточные метаболиты. Итоги и перспективы исследования влияния ЭМИ КВЧ на частоте оксида азота на сложные биологические объекты [Текст] / В.Ф. Киричук [и др.] // 13 Российский симпозиум с международным участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.: ИРЭ РАН, 2003. – С. 108–115.
61. Богомолова, Н.В. Комплексное экспериментальное и клиническое исследование эффективности КВЧ-терапии на частотах оксида азота в восстановительном лечении пациентов с переломами костей [Текст] / Н.В. Богомолова [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. – 2010 – № 17(1). – С. 107–110.
62. Цуркан, М.В. Исследование спектра молекулы ДНК в терагерцовой области частот [Текст] / М.В. Цуркан [и др.] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – 1(77). – С. 15–19.
63. Цымбал, А.А. Восстановление основных показателей метаболического статуса терагерцевыми волнами на частотах оксида азота 150,176 ... 150,664 ГГц в условиях эксперимента [Текст] / А.А. Цымбал [и др.] // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2011. – № 1. – С. 30–35.
64. Зеленова, А. В. Эффективность использования электромагнитного облучения терагерцевого диапазона в комплексной терапии больных быстро прогрессирующим пародонтитом [Текст] / А.В. Зеленова [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал 2015. – № 11(4). – С. 556–561.
65. Паршина, С.С. Биологические эффекты оксида азота в развитии сердечно-сосудистой патологии как основа применения терагерцевой терапии [Текст] / С.С. Паршина, Т.Н. Афанасьева, В.Д. Тупикин // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2012. – № 2(6). – С. 446–452.
66. Федорищева, Л.Е., Десна М.В. Первый опыт применения электромагнитных волн миллиметрового диапазона в лечении больных глаукомой [Текст] / Л.Е. Федорищева, М.В. Десна // Медицинский вестник Башкортостана. – 2014. – Т. 9. – № 2. – С. 75–78.
67. Попков, В. М. Опыт применения терагерцевой терапии у больных аденомой простаты в сочетании с хроническим абактериальным простатитом [Текст] / В.М. Попков [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал, 2014. – № 10(4). – С. 649–654.
68. Антипова, О.Н. Эффективность влияния терагерцевых волн на частоте атмосферного кислорода на нарушенные реологические свойства крови у белых крыс-самок [Текст] / О.Н. Антипова [и др.] // Материалы VII международной конференции «Гемореология и микроциркуляция». – Ярославль, 2009. – С. 3.
69. Киричук, В.Ф. Влияние ЭМИ ТГЧ на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения кислорода на функциональную активность тромбоцитов белых крыс в состоянии иммобилизационного стресса [Текст] / В.Ф. Киричук [и др.] // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2008. – № 12 – С. 41–48.
70. Паршина, С.С. Терагерцевая терапия на частотах молекулярного спектра кислорода – новый перспективный метод лечения в кардиологии [Текст] / С.С. Паршина, О.А. Стрельникова // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2013. – № 3(6). – С. 955.
71. Parshina, S.S. Terahertz Therapy – a New Method of Treatment of Cardiovascular Pathology [Text] / S.S. Parshina [et al] // Proceedings of the Joint 30th International Conference on Infrared and Millimeter (IRMM) Waves and 13th International Conference on Terahertz Electronics (USA, Virginia). – 2005. – Article ID: TC5-9. – P. 311.
72. Бецкий, О.В. Молекулярные НИТРАН-спектры газов метаболитов в терагерцевом и ИК диапазонах частот

- и их применение в биомедицинских технологиях [Текст] / О.В. Бецкий [и др.] – Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2007. – № 7. – С. 5–9.
73. Nitric oxide infrared spectrum [Electronic resource] // The Official Web Site of National Institute of Standards and Technology (NIST). – URL: <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C10102439&Mask=80#IR-Spec> (дата обращения: 20.02.2020).
74. London, J.W. Infrared spectra of carbon monoxide, carbon dioxide, nitric oxide, nitrogen dioxide, nitrous oxide, and nitrogen adsorbed on copper oxide [Text] / J.W. London, A.T. Bell // *Journal of Catalysis*. – 2004. – Vol. 31(1). – P. 32–40.
75. Germain, K. St. Appendix D: International Astronomical Union Spectral Lines of Most Importance Above 300 GHz [Text] / Karen ST. Germain // *Handbook of Frequency Allocations and Spectrum Protection for Scientific Uses: Consensus Study Report*. – Washington, DC: The National Academies Press, 2007. – P. 102–103.
76. Реуков А.С., Дидур М.Д., Наймушин А.В., Баграев Н.Т., Преснухина А.П., Морошкин В.С., Козленок А.В. Возможности использования инфракрасно-терагерцевого излучения как лечебного физического фактора в терапии неотложных состояний. Доклад на VII Всероссийском съезде физиотерапевтов и курортологов» 130 лет физиотерапии – достижения, проблемы, перспективы». 19–21 октября 2017 г., Россия, Санкт-Петербург.
77. Реуков А.С., Голота А.С., Ивченко Е.В., Крассий А.Б., Морошкин В.С., Наймушин А.В., Разоренова Т.С., Симаков К.В., Шалахин Р.А. Эффективность инфракрасно-терагерцевого излучения с акупунктурой в начальный период ишемического инсульта. *ВМЖ* 2016, № 9, 37–41.
78. Реуков А.С., Голота А.С., Ивченко Е.В., Крассий А.Б., Шалахин Р.А. Современные представления о возможностях и механизме действия нефармакологических методов лечения. *ВМЖ* 2015, № 11, 37–47.
79. Реуков А.С., Наймушин А.В., Морошкин В.С., Козленок А.В. Преснухина А.П. Применение инфракрасного излучения с терагерцевой модуляцией при лечении пациентов кардиохирургического профиля с инфильтративными очаговыми изменениями в легких. *Трансляционная медицина*. 2017; 4 (6) 62–72.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Реуков Алексей Семенович – к.м.н., зав. каб. рефлексотерапии и пунктурной физиотерапии, тел.: 8 921 920-76-04, e-mail: reukov_as@almazovcentre.ru;
Преснухина Александра Петровна – лаборант кабинета рефлексотерапии и пунктурной физиотерапии, e-mail: presnukhina_ap@almazovcentre.ru.

ОСОБЕННОСТИ ОТНОШЕНИЯ К ЗДОРОВЬЮ И ЗДОРОВЬЕСБЕРЕГАЮЩИМ ПРАКТИКАМ В ДЕТСКО-ЮНОШЕСКОМ СПОРТЕ

А.В. Квитчастый¹, Д.А. Верещагина¹, В.А. Бадтиева^{1,2},

Н.В. Сичинава¹, И.В. Юрьева¹, А. М. Царёва¹, И. А. Черепанов¹

¹Филиал № 1 ГАУЗ «Московский научно-практический центр
медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины
Департамента здравоохранения г. Москвы» (МНПЦМРВСМ), Москва

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России, Москва

АННОТАЦИЯ

Проведено исследование с целью изучения отношения юных профессиональных спортсменов города Москвы к вопросам, касающимся сохранения их физического и психического здоровья. В опросе приняли участие 55 представителей разных видов спорта в возрасте от 13 до 17 лет. Большинство опрошенных нами спортсменов продемонстрировали утилитарно-попустительское отношение к собственному здоровью и недостаточность знаний в вопросах его сбережения. В случае возникновения признаков простудного заболевания в тренировочный период 78 % респондентов продолжают тренироваться, а в случае возникновения подобных признаков в соревновательный период 94 % респондентов не снимаются с соревнований. Кроме того, для 32 % опрошенных ценность регулярного прохождения медицинского осмотра оказалась неочевидной и только 15 % опрошенных считают, что состояние их здоровья зависит от регулярного прохождения вакцинации. Таким образом, можно констатировать необходимость проведения масштабной просветительской работы с московскими спортсменами с целью повышения в их глазах имиджа медицины и психологии.

Ключевые слова: здоровье спортсменов, культура здоровья, отношение к здоровью, здоровьесбережение, медицинское обследование спортсменов, вакцинация.

ATTITUDE TO HEALTH AND HEALTH-SAVING PRACTICES IN CHILDREN AND YOUTH SPORTS

A.V. Kvitchasty¹, D.A. Vereshchagina¹, V.A. Badtieva^{1,2}, N.V. Sichinava¹,

I.V. Yuryeva¹, A. M. Tsaryova¹, I. A. Cherepanov¹

¹Moscow Center for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports
Medicine of Moscow Healthcare Department (Moscow, Russia)

²Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia)

ABSTRACT

A study was conducted to explore the attitude of young Moscow professional athletes to the problems of maintaining their physical and mental health. The survey involved 55 representatives of different sports aged 13 to 17 years. The majority of the athletes we interviewed demonstrated a utilitarian-permissive attitude towards their own health and ignorance in matters of saving it. If signs of a cold occur during the training period, 78% of respondents continue to train, and if such signs occur during the competitive period, 94% of respondents do not withdraw from the competition. In addition, for 32% of respondents, the value of regular medical examinations was not obvious, and only 15% of respondents believe that their health depends on regular vaccination. Thus, we can state the need to carry out large-scale educational work with Moscow athletes in order to improve the image of medicine and psychology in their eyes.

Key words: athletes' health, health culture, attitude to health, health care, medical examination of athletes, vaccination.

ВВЕДЕНИЕ

Отношение спортсмена к собственному здоровью и его готовность заботиться о его сохранении во многом определяет не только эффективность его профессиональной деятельности, но и качество его жизни, как в период становления и развития карьеры, так и после её завершения. В связи с этим значимость формирования ответственного отношения спортсменов к своему здоровью начиная с детско-юношеского возраста трудно переоценить. Однако спорт высших достижений подразумевает постоянное стремление к росту результатов, возникновение новых сложнейших технических элементов и крайне высокие физические и психические нагрузки во время подготовки к соревнованиям. К сожалению, совокупное влияние перечисленных факторов приводит к формированию утилитарного отношения спортсменов к своему здоровью [1], неадекватному восприятию степени серьёзности потенциальных и уже имеющихся травм и болезней [2], а также отсутствию интереса к использованию различного рода здоровьесберегающих практик [3].

За последнее десятилетие многие исследователи так или иначе обращались к изучению проблем здоровья и его сбережения в профессиональном и любительском спорте: поднимались вопросы касаясь ответственного отношения спортсменов к здоровью [4, 5], развития культуры здоровья [6], воспитания у спортсменов готовности к самоохранительной деятельности [7] и ведения здорового образа жизни [8]. Наконец, в связи с пандемией COVID-19 в фокусе изучения оказалась проблема влияния пандемии на психическое здоровье и качество жизни профессиональных спортсменов [9–11], а также специфика отношения спортсменов к вакцинации [12–13].

Несмотря на это, вопросы, касающиеся отношения спортсменов к прохождению диспансеризации, влияния тревожности на оценку состояния здоровья, а также самочувствия на характер физической активности в тренировочный и соревновательный периоды, до сих пор мало изучены. Поэтому в рамках настоящего эмпирического

исследования нами была предпринята попытка изучить данные аспекты отношения профессиональных спортсменов детского и юношеского возраста к собственному здоровью и практикам здоровьесбережения.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить отношение юных профессиональных спортсменов города Москвы к вопросам, касающимся сохранения их здоровья, а также применения различного рода здоровьесберегающих практик.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на базе Клиники спортивной медицины (филиал № 1) ГАУЗ МНПЦ МРВСМ ДЗМ в рамках углублённого медицинского обследования спортсменов Москомспорта. В нём приняли участие 55 человек в возрасте от 13 до 17 лет (средний возраст – 14,4). Среди них 27 юношей и 28 девушек, профессионально занимающихся разными видами спорта, имеющие спортивные разряды, КМС и МС.

Респондентам предлагалось пройти опрос в форме полуструктурированного интервью, содержащего 10 вопросов, касаемо их отношения к собственному здоровью, а также практикам здоровьесбережения. Для диагностики личностной тревожности спортсменов была использована бланковая методика «Шкала оценки уровня реактивной и личностной тревожности» [14].

Полученные ответы были подвергнуты статистической обработке с использованием непараметрического коэффициента корреляции Спирмена для выявления статистически значимой связи между уровнем личностной тревожности спортсменов и степенью их удовлетворённости состоянием своего здоровья. Количественный анализ данных проводился с помощью программного обеспечения SPSS 19.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно данным опроса, большинство наших респондентов удовлетворены текущим состоянием своего здоровья – графически их ответы представлены на рисунке 1.

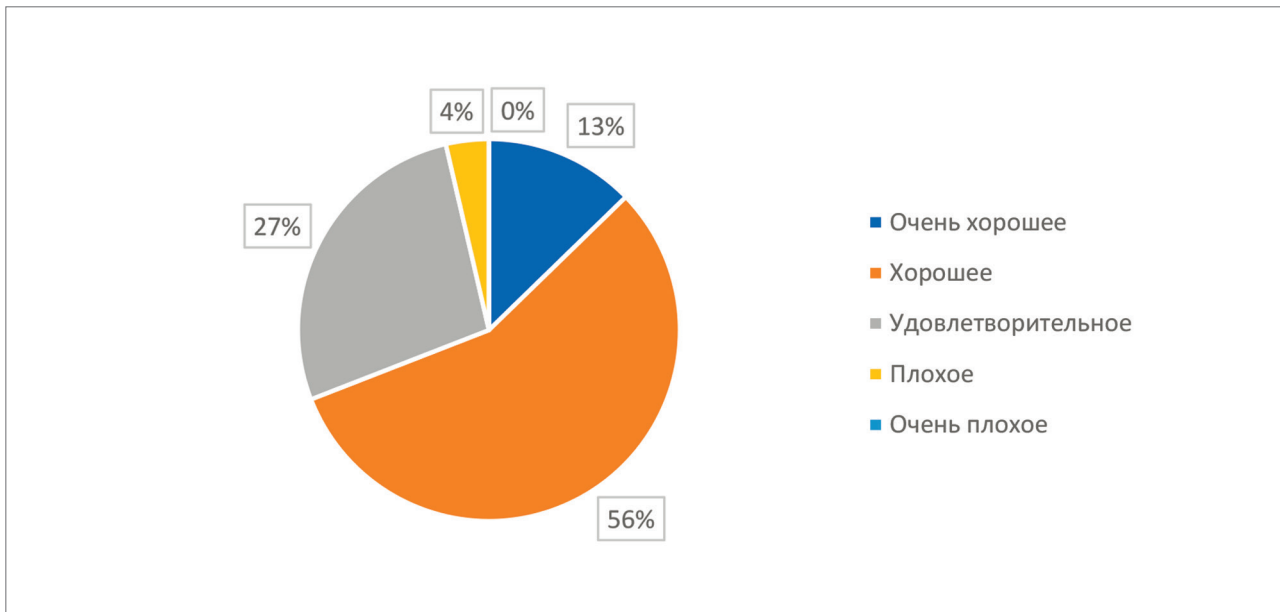


Рис. 1 – Представление спортсменов о состоянии своего здоровья

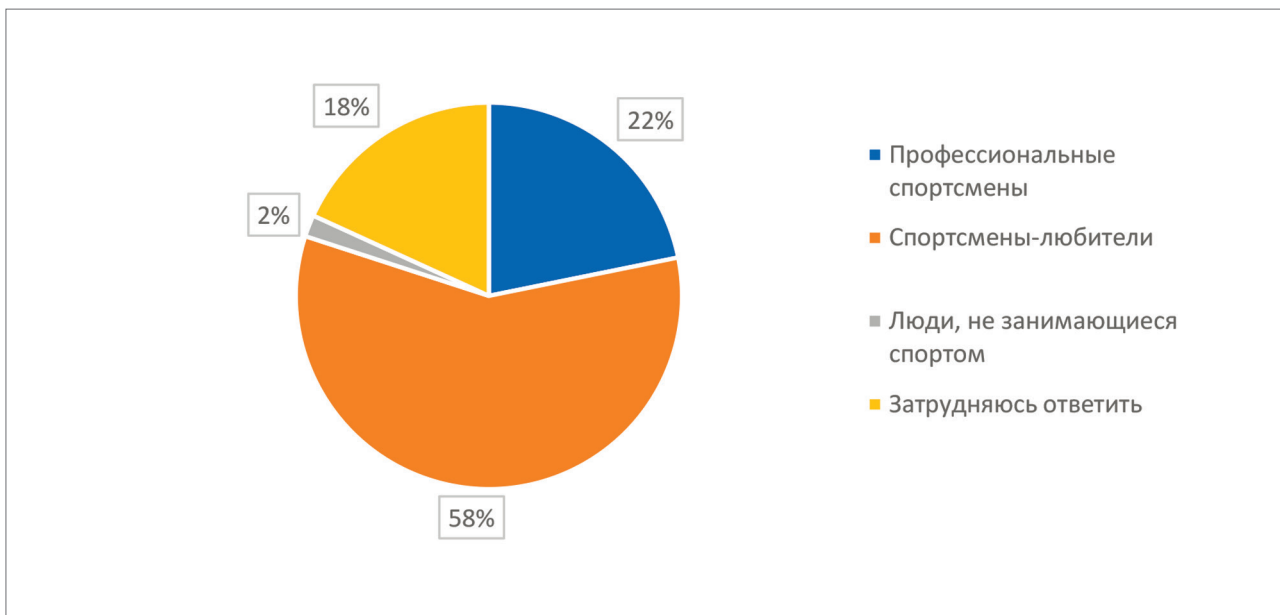


Рис. 2 – Ответ спортсменов на вопрос о том, какую группу людей они считают самой здоровой

Примечательно, что нами была выявлена статистически значимая обратно пропорциональная связь между уровнем личностной тревожности спортсменов и степенью их удовлетворённости состоянием своего здоровья ($r = 0,498$; $p = 0,01$). Таким образом, более высокому уровню личностной тревожности соответствует меньшая степень удовлетворённости состоянием своего здоровья.

Также выяснилось, что, по мнению большинства наших респондентов, профессиональных спор-

тсменов, наиболее здоровые люди – это спортсмены-любители (рисунок 2).

При этом профессиональные спортсмены, по мнению большинства участников нашего исследования, попадают в категорию «скорее здоровых людей» (рисунок № 3) и «реже всех прочих болеющих вирусными заболеваниями» (рисунок № 4).

Нам было интересно выяснить, как спортсмены проявляют заботу о собственном здоровье, поэтому некоторые вопросы анкеты были ориентированы на

Профессиональные спортсмены в большинстве своём это...

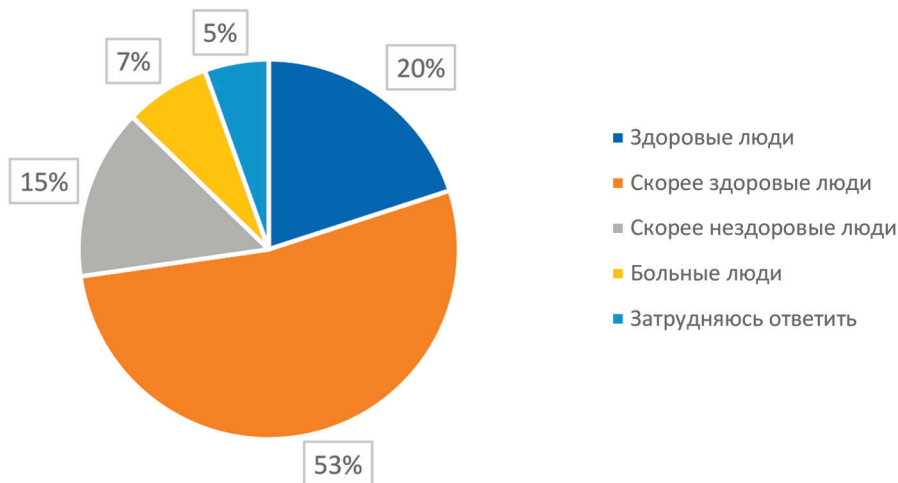


Рис. 3 – Ответы респондентов на вопрос о том, кем являются в большинстве своём профессиональные спортсмены, здоровыми или больными людьми

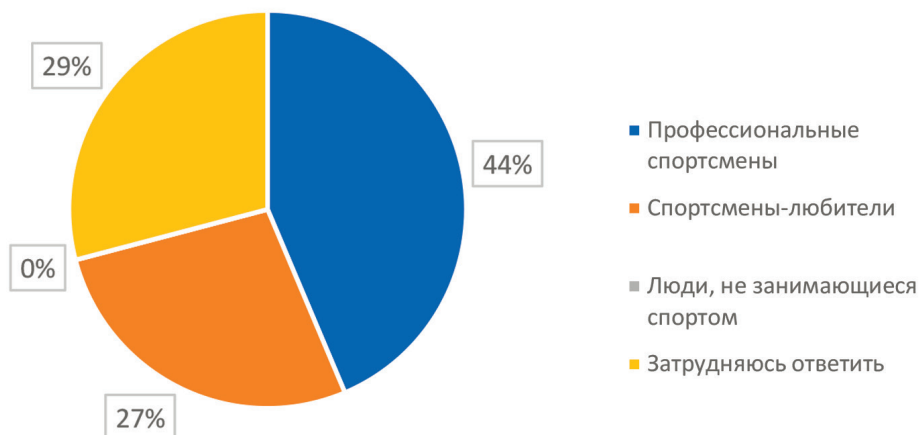


Рис. 4 – Ответы респондентов на вопрос о том, какая группа людей, по их мнению, реже других болеет вирусными заболеваниями

выявление их представлений о том, от чего зависит их самочувствие, а также поведенческих стратегий, которые выбирают для себя респонденты в случаях, когда их здоровье оказывается под угрозой.

Прежде всего спортсменам был задан вопрос о том, как часто они самостоятельно обращаются за медицинской помощью по причинам возникновения заболеваний и/или травм. Респонденты дали следующие ответы: 1–2 раза в неделю – 5 %, 1–2 раза в месяц – 24 %, 1 раз в 3–6 месяцев – 35 %,

раз в год – 25 %, реже одного раза в год – 11 % (рис. 5). Таким образом, 64 % опрошенных самостоятельно обращаются за медицинской помощью минимум 2 раза в год.

Следующий вопрос касался значимости с точки зрения сохранения здоровья регулярного прохождения медицинского осмотра, и мнения респондентов по нему также сильно разошлись: 20 % ответили, что это крайне важно для сохранения здоровья, 48 % – что скорее важно, 18 % – что скорее неважно, 7 % –

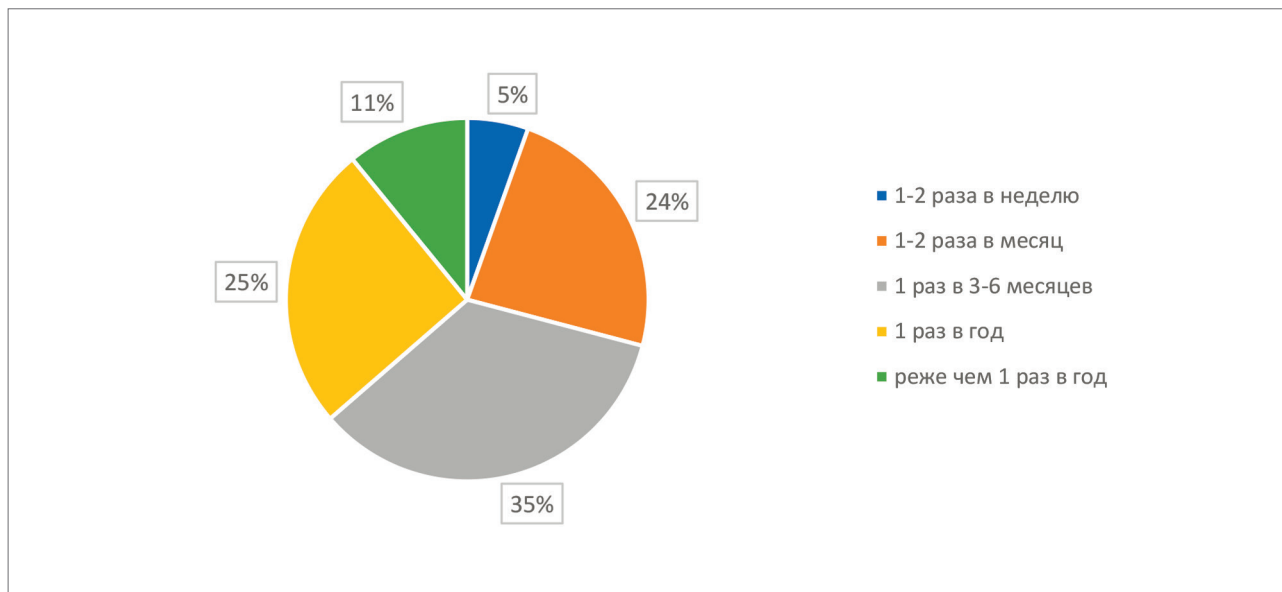


Рис. 5 – Ответы спортсменов на вопрос о том, как часто они самостоятельно обращаются за медицинской помощью

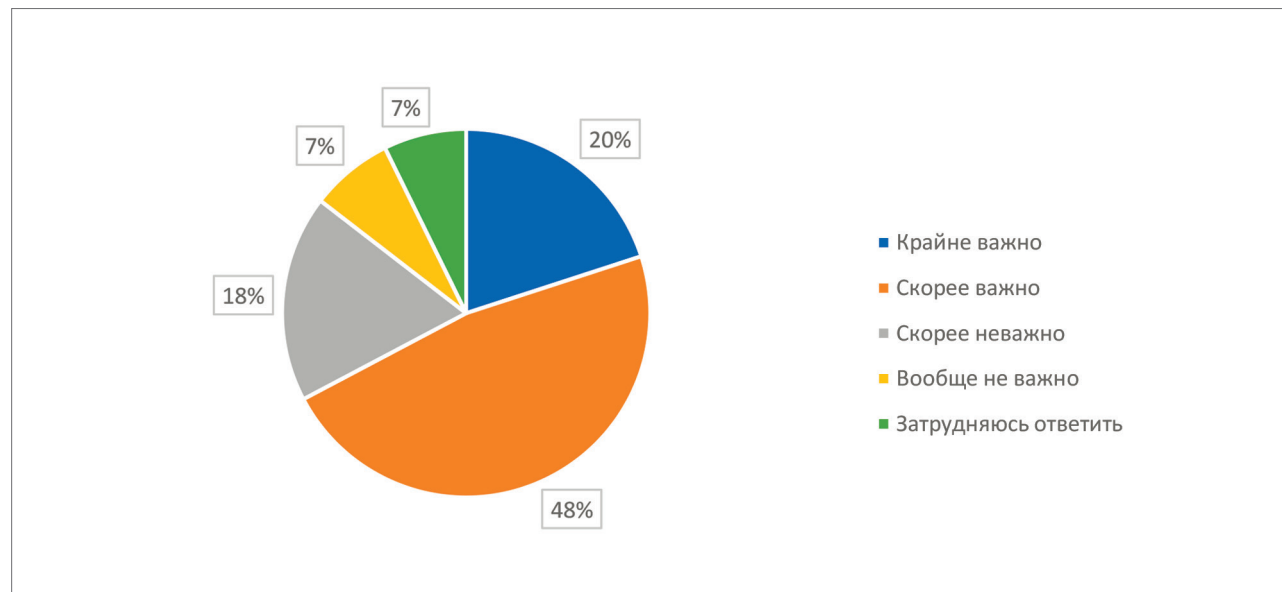


Рис. 6 – Мнения спортсменов о том, насколько важно с точки зрения сохранения их здоровья регулярное прохождение медицинского осмотра

что вообще не важно, и ещё 7 % затруднились с ответом. Таким образом, примерно для 32 % опрошенных нами спортсменов ценность регулярного прохождения медицинского осмотра оказалась неочевидна.

Ещё меньшей значимостью с точки зрения сохранения здоровья, по мнению спортсменов, принявших участие в нашем опросе, обладает вакцинация (рисунок 6). Только 2 % опрошенных считают, что состояние их здоровья в значительной мере зависит от регулярного прохождения вакцинации, ещё 13 % считают, что скорее зависит. При этом 29 % полагают, что состояние их здоровья скорее не зависит от регуляр-

ного прохождения вакцинации, 34 % – что вообще не зависит, и 22 % затруднились с ответом. В данной связи важно отметить, что в самом вопросе было отмечено, что речь идёт не только о вакцинах от COVID-19, но и о прививках от других сезонных заболеваний. Таким образом, можно констатировать, что отношение профессиональных спортсменов к вакцинации в настоящий момент носит скорее негативный характер.

К похожим выводам приходят отечественные исследователи, изучавшие отношение к вакцинации против COVID-19 у спортсменов сборных команд России: 26 % опрошенных ими спортсменов

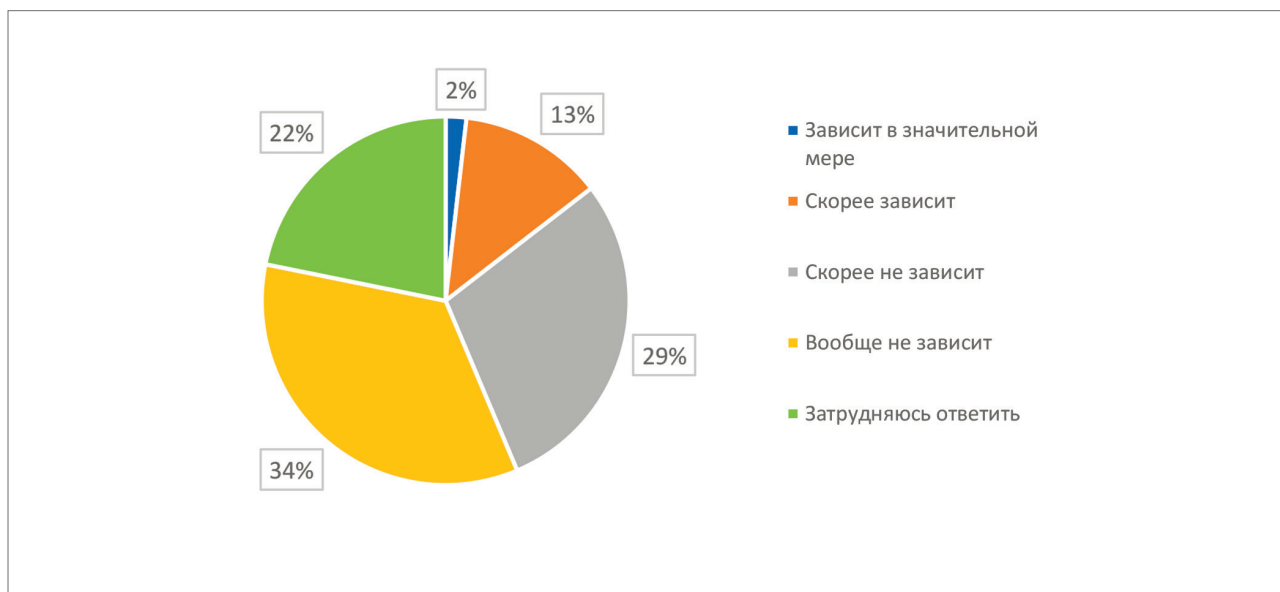


Рис. 7 – Мнения спортсменов о том, насколько их состояние здоровья зависит от регулярного прохождения вакцинации (респондентам объясняли, что вопрос касается не только прививок от COVID-19, но и от других сезонных заболеваний)

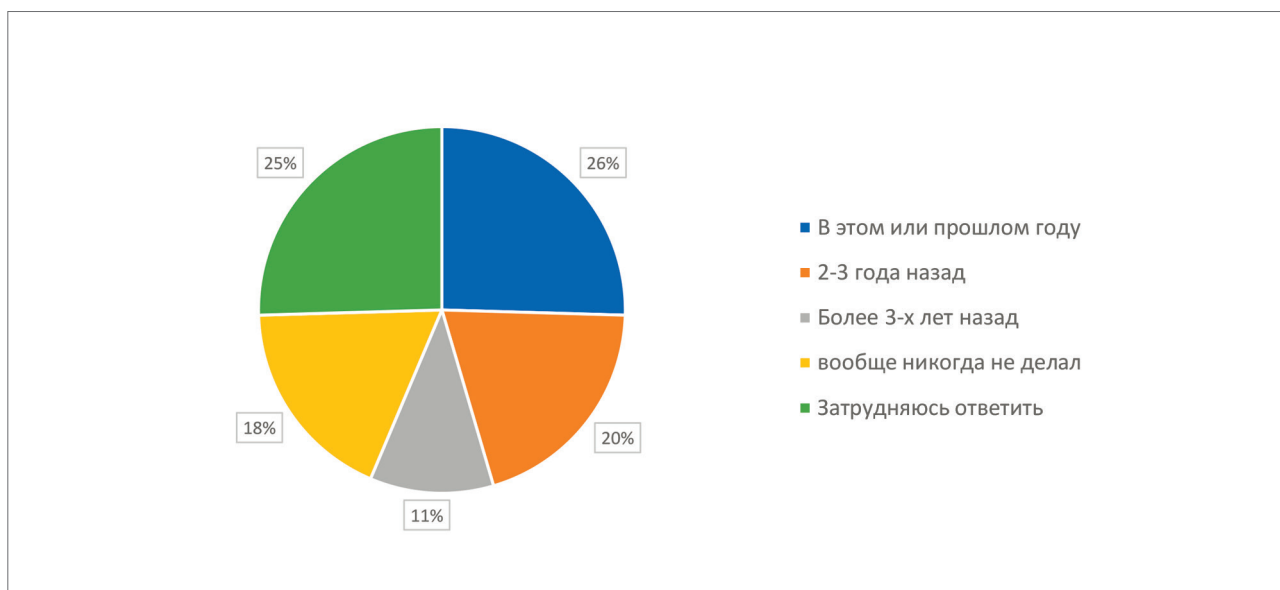


Рис. 8 – Ответы респондентов на вопрос о том, когда они в последний раз делали прививку от гриппа

считают вакцинацию ненужной, 17,1 % – и вовсе опасной, и 20,2 % относятся к ней безразлично. Также в рамках того же исследования было выявлено, что среди профессиональных спортсменов, по сравнению с общей популяцией того же возраста, достоверно больше лиц считают вакцинацию ненужной или относятся к ней безразлично и меньше доля тех, кто считает ее полезной или сомневается в её эффективности [12].

Однако нам было интересно узнать, как данное отношение к вакцинации соотносится с реальным поведением спортсменов, поэтому следующим

был задан вопрос о том, когда они в последний раз делали прививку от гриппа, к которой их никто не принуждал в отличие от вакцинации от COVID-19. Результаты оказались следующими: 26 % делали прививку от гриппа в этом или прошлом году, 20 % – 2–3 года назад (то есть до пандемии COVID-19), 11 % – более трёх лет назад, 18 % никогда не вакцинировались от гриппа, оставшиеся 25 % затруднились с ответом (рисунок 8).

Мы также выяснили, как меняется поведение участников нашего исследования в зависимости от их физического самочувствия в тренировочный

и соревновательный периоды. Согласно полученным данным, абсолютное большинство опрошенных нами спортсменов (78 %), ощущая признаки простудного заболевания, продолжают посещать тренировки, при этом 47 % респондентов даже не снижают интенсивности своих физических нагрузок. Таким образом, только 22 % опрошенных ответили, что они временно прекращают тренировки в таких случаях, при этом всего 6 % участников нашего опроса ответили, что снимаются с участия в соревнованиях, если накануне выступления ощущают признаки простудного заболевания.

Очевидно, что подобное поведение спортсменов на начальном этапе заболевания ОРВИ значительно повышает риски развития нежелательных и крайне опасных для здоровья и жизни сопутствующих заболеваний и осложнений, таких, например, как миокардит, который является фактором риска внезапной смерти в спорте [15]. Ещё одним очевидным следствием посещения спортсменами с ранними симптомами ОРВИ тренировок и соревнований является создание благоприятных условий для дальнейшего распространения инфекций. Вот почему значительная часть работы врачей спортивной медицины приходится именно на борьбу с ОРВИ и последствиями их перенесения, о чём свидетельствуют данные Международного Олимпийского комитета, специально выпустившего в 2022 году гайдлайн для спортивных врачей по лечению и профилактике острых респираторных заболеваний у спортсменов [16].

Наконец, в связи с изучением отношения спортсменов к вопросам сохранения собственного здоровья респондентам был задан вопрос о наличии либо отсутствии у них платной медицинской страховки (обязательное медицинское страхование при этом не учитывалось). Согласно полученным данным, у 55 % опрошенных таковая имеется.

ВЫВОДЫ

1) Результаты исследования позволили выявить ряд факторов, оказывающих негативное влияние на медико-биологическое обеспечение профессиональных спортсменов города Москвы, среди которых: утилитарно-попустительское отношение спортсменов к собственному здоровью,

негативное отношение к вакцинации, склонность обесценивать значимость прохождения регулярного медицинского осмотра. Таким образом, данные опроса свидетельствуют о наличии острой необходимости в проведении масштабной просветительской работы с московскими спортсменами с целью повышения в их глазах имиджа медицины.

2) Большинство опрошенных нами спортсменов в случае возникновения признаков простудного заболевания продолжают активно тренироваться и не снимаются с соревнований.

3) Для 32% опрошенных нами профессиональных спортсменов ценность регулярного прохождения медицинского осмотра оказалась неочевидна.

4) Для большинства опрошенных спортсменов неочевидна необходимость проведения вакцинации. В связи с этим представляется целесообразным разработать по аналогии с существующими международными отечественные рекомендации по проведению вакцинации для профессиональных спортсменов с подробным разъяснением для них преимуществ данной профилактической меры, а также описанием возможных побочных эффектов, их частоты и влияния на тренировочный процесс [13].

5) По мнению большинства наших респондентов, спортсмены-любители являются более здоровыми людьми, нежели профессиональные спортсмены.

6) Выявлена статистически значимая обратная пропорциональная связь между уровнем личностной тревожности спортсменов и степенью их удовлетворённости состоянием своего здоровья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апанасенко Г.Л. Здоровье спортсмена // Вестн. Балт. пед. акад. Сер.: Актуал. науч.-пед. проблемы. – 2004. – № 56. – С. 25.
2. Довжик Л.М., Бочавер К.А. Связь предсоревновательной тревоги и копинг-навыков спортсменов подросткового возраста // Актуальные проблемы и перспективы развития современной психологии. – 2018. – № 1. – С. 35–40.
3. Белова Е.Л., Авдонина Л.Г. Здоровье и здоровый образ жизни спортсменов. В сборнике: Актуальные проблемы физического воспитания и спорта в вузе.

- Материалы Всероссийской научно-методической конференции. 2017. С. 119–122.
4. Насибян Е.А. Проблема формирования ответственного отношения к своему здоровью как воспитательный аспект биологического образования спортсменов. Актуальные проблемы химического и биологического образования. Материалы XII Всероссийской научно-методической конференции. Москва, 2022. С. 211–213.
 5. Ярмонова А.А. Особенности отношения к своему здоровью студентов-спортсменов. В сборнике: Медико-биологические и педагогические основы адаптации, спортивной деятельности и здорового образа жизни. Сборник научных статей IX Всероссийской очной научно-практической конференции с международным участием. Воронеж, 2020. С. 209–213.
 6. Абрамова В.В. Формирование культуры здоровья в процессе спортивной подготовки борцов греко-римского стиля. Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2020. – № 2 (18). – С. 178–191.
 7. Куршев В.В., Шурупова Р.В., Лазарева И.А., Красавина Т.В., Патрина Е.В. Воспитание у спортсменов готовности к самосохранительной деятельности // Спортивная медицина: наука и практика. – 2015. – № 1. – С. 83–87.
 8. Белова Е.Л., Авдоница Л.Г. Здоровье и здоровый образ жизни спортсменов. В сборнике: Актуальные проблемы физического воспитания и спорта в вузе. Материалы Всероссийской научно-методической конференции. 2017. С. 119–122.
 9. Оценка качества жизни московских спортсменов в период самоизоляции в связи с пандемией COVID-19 / А.В. Квитчастый, В.А. Бадтиева, Н.В. Сичинава и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № 52. – С. 115–123. DOI: 10.14529/hsm22s215
 10. Mehrsifar A.H., Gazerani P., Zadeh A.M., Sánchez J.C. Addressing Potential Impact of COVID-19 Pandemic on Physical and Mental Health of Elite Athletes. *Journal Brain, Behavior, and Immunity*. – 2020, 87. – P. 147–148. DOI: 10.1016/j.jbbs.2020.05.011.
 11. Hammami A., Harrabi B.G. Psychological Distress and Problem Gambling in Elite Athletes During COVID-19 Restrictions – A Web Survey in Top Leagues of Three Sports During the Pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2020, 17(18). – P. 6693. DOI: 10.3390/ijerph17186693.
 12. Васильева А.В., Караваева Т.А., Радионов Д.С., Яковлев А.В., Баршак С.И., Назаров К.С., Жолинский А.В., Поляев Б.А., Митин И.Н. Исследование отношения к вакцинации против COVID-19 у спортсменов сборных команд России в сравнении со взрослыми в возрасте от 18 до 40 лет, не занимающимися профессиональным спортом. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023. 13(1). С. 60–71. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.1.5>.
 13. Narducci D.M., Diamond A.B., Bernhardt D.T., Roberts W.O. COVID Vaccination in Athletes & Updated Interim Guidance on the Preparticipation Physical Examination during the SARS-CoV-2 Pandemic. *Curr. Sports Med. Rep.* – 2021, 20(11). – P. 608–613. <https://doi.org/10.1249/jsr.0000000000000912>.
 14. Спилберггер Ч.Д., Ханин Ю.Л. Шкала оценки уровня реактивной и личностной тревожности // Карелин А.А. Психологические тесты. – 2000. – Т. 1. – С. 39–45.
 15. Шарыкин А.С., Батдиева В.А., Павлов В.И. Спортивная кардиология. Руководство для кардиологов, педиатров, врачей функциональной диагностики и спортивной медицины. М.: ИКАР, 2017. 328 с.
 16. Schweltnus M. et al. International Olympic Committee (IOC) consensus statement on acute respiratory illness in athletes part 1: acute respiratory infections // *British Journal of Sports Medicine*. – 2022, 56(19). – P. 1066–1088.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНАЦИИ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ И НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МОДУЛЯЦИИ МОЗГОВОЙ АКТИВНОСТИ СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОГО КЛАССА: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

УДК 61:796/799

С.И. Баршак¹, Ю.Д. Кропотов², М.Д. Дидур², И.Н. Митин¹, К.С. Назаров¹, Л.Р. Суфиянова¹¹ ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства» (Москва)² ФГБУН «Институт мозга человека им. Н.П. Бехтерева Российской академии наук» (Санкт-Петербург)

РЕЗЮМЕ

Данное исследование было посвящено изучению влияния комбинированной методики, включающей в себя транскраниальную магнитную стимуляцию (ТМС) и технологию нейробиоуправления (ЭЭГ-БОС), на мозговую активность спортсменов высокого класса. В исследованиях приняли участие 9 спортсменов высшей квалификации в возрасте от 18 до 23 лет, из них 4 женщины и 5 мужчин. Сначала спортсменам проводилась активирующая рТМС (частотой 10 Гц) области F3 по международной системе 10–20 в течение 10 минут. Сразу после этого для удержания активирующего эффекта ТМС проводился БОС-ЭЭГ-тренинг по бета-ритму продолжительностью 20 минут. В исследовании было показано повышение мозговых показателей проактивного и реактивного когнитивного контроля, наблюдаемых во время выполнения теста GO/NOGO с предупреждением, после применения исследуемой методики, а именно амплитуды волны P3 cue и реакции на второй стимул при условии NOGO.

Ключевые слова: транскраниальная магнитная стимуляция, биологическая обратная связь, нейробиоуправление, спорт высших достижений.

USING RTMS COMBINED WITH NEUROFEEDBACK TO MODULATE NEURAL ACTIVITY IN ELITE ATHLETES: A PILOT STUDY

S.I. Barshak¹, J.D. Kropotov², M. D. Didur², I.N. Mitin¹, K.S. Nazarov¹, L.R. Sufyanova¹¹Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency (Moscow, Russia)²N.P. Bechtereva Institute of the Human Brain of the Russian Academy of Sciences (IHB RAS)

SUMMARY

This study was devoted to the influence of a combined technique consisting of transcranial magnetic stimulation (rTMS) and neurofeedback on the brain activity of elite athletes. A total of 9 athletes (4 f, 5 m) participated in the study. First, the athletes received activating rTMS (10 Hz) of the F3 for 10 minutes. Immediately after this, to maintain the activating effect of TMS, beta-training was carried out for 20 minutes. The study showed the increase in brain indicators of proactive and reactive cognitive control during a GO/NOGO task after using the study technique, namely in P3 cue wave and cerebral response in the NOGO condition.

Key words: rTMS, elite athletes, neurofeedback.

ВВЕДЕНИЕ

Считается, что комбинация транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) с электроэнцефалографией (ЭЭГ) предлагает новый метод для исследования функции мозговых сетей. Также методы ТМС и ЭЭГ-биоуправления могут выступать в качестве способов модуляции активности головного мозга [1, 2]. В данном исследовании был изучен

протокол комбинированной методики регуляции функциональных систем головного мозга спортсмена посредством применения ТМС и ЭЭГ-биоуправления. ТМС использовалась с целью активации определенной области коры мозга человека, методика нейробиоуправления – с целью закрепления и длительного удержания результатов действия ТМС.

ТМС впервые была использована в 1985 г. [3] как нейрофизиологический инструмент для изучения целостности корково-спинномозговых путей у человека. При применении в соответствии с рекомендациями [4, 5] ТМС обеспечивает неинвазивное средство модуляции нейронной активности. ТМС безопасна, если приняты соответствующие меры предосторожности и соблюдаются установленные правила [4].

При ТМС переменные во времени токи генерируются в индукционной катушке, которую часто держат по касательной к скальпу над интересующей областью. Индуцированный ТМС ток либо вызывает прямую деполяризацию нервных структур, генерирующих потенциалы действия, либо модифицирует состояние возбудимости тканей [6].

Первая ЭЭГ была записана Гансом Бергером в 1929 году [7]. Этот метод позволяет проводить неинвазивную оценку нейронной активности мозга [8]. Считается, что зарегистрированные на ЭЭГ колебания возникают из-за комбинации факторов: внутренних свойств нейронов, структурных свойств, функциональных свойств нейротрансмиттерных систем, а также сетевых взаимодействий и петель обратной связи.

ЭЭГ-биоуправление (neurofeedback) представляет собой метод саморегуляции с помощью биологической обратной связи (biofeedback), основанный на данных ЭЭГ [9]. В этом методе определенные текущие параметры ЭЭГ, зарегистрированные со скальпа (такие как мощности ритмов в заданной полосе частот), представляются субъекту через зрительные, слуховые или тактильные модальности. ¹Субъект должен произвольно или непроизвольно (в зависимости от протокола) изменить эти параметры в заданном направлении, что приводит к повышению эффективности работы мозга [9]. Активирующие протоколы предполагают увеличение мощности ЭЭГ в бета-диапазоне (13–30 Гц) или уменьшение мощности ЭЭГ в альфа-диапазоне (8–12 Гц). Релаксирующие протоколы предполагают повышение мощности ЭЭГ в альфа-диапазоне или понижение мощности ЭЭГ в бета-диапазоне [10].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование носило пилотный характер. В исследованиях приняли участие 9 спортсменов выс-

шей квалификации в возрасте от 18 до 23 лет, из них 4 женщин и 5 мужчин. Были представлены следующие виды спорта: теннис, фехтование, стрельба из лука, синхронное плавание, велотрек. Все участники заполняли форму добровольного информированного согласия. Вследствие невозможности разбивания группы на представительные подгруппы оценивались показатели группы в целом и изменения этих показателей под воздействием комбинированной методики регуляции функционального состояния головного мозга.

На основе анализа литературных данных и исследований, проводимых на протяжении многих лет в Институте Мозга Человека им. Н. П. Бехтеревой, был выбран протокол комбинированной методики регуляции функциональных систем головного мозга посредством ТМС и технологий нейробиоуправления, состоявший из двух последовательных этапов, посвящённых ТМС и ЭЭГ соответственно. На первом этапе применялся метод высокочастотной (активирующей) транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС). Положение катушки – область F3, частота – 10 Гц, длительность – 10 минут. На втором этапе для удержания активирующего эффекта ТМС использовалась методика ЭЭГ-БОС. Для этого на поверхность головы, находящейся над выбранной зоной коры головного мозга, устанавливалось два электрода на расстоянии 2–3 см для регистрации биполярной ЭЭГ. Положение электродов биполярное – F3–Cz, частотный диапазон – 13–21 Гц, диапазон низкочастотной бета активности, длительность – 20 минут.

Оценка влияния методики на функционирование головного мозга спортсмена осуществлялась с использованием потенциалов, связанных с событиями (ПСС), в тесте GO/NOGO с предупреждением. На экране монитора предъявлялись две категории зрительных стимулов: по 20 различных изображений животных (Ж) и растений (Р). Зрительные стимулы с угловыми размерами порядка 3,8° предъявлялись в центре экрана на белом фоне. Между предъявлением изображений оставался белый фон. Для предъявления стимулов использовалась программа Psytask. Тест состоял из 400 проб длительностью 3000 мс каждая по 100 проб каждой категории проб. В пробах



Рис. 1 – Общая схема эксперимента

предъявлялись пары зрительных стимулов (изображения животных – «Ж», растений – «Р» и людей – «Ч»), всего четыре категории проб «Ж–Ж», «Ж–Р», «Р–Р» и «Р–Ч». Длительность предъявления стимула – 100 мс, интервал между стимулами в пробе – 1000 мс. Первый стимул в пробе предъявлялся через 300 мс после ее начала. В пробах «Р–Ч» также предъявлялся звуковой стимул для поддержания уровня внимания. Пробы различного типа предъявлялись в псевдослучайном порядке. Участнику исследования давалось задание нажимать на кнопку только после предъявления пары «Ж–Ж» как можно быстрее и точнее. ПСС вычислялись отдельно для каждой категории типов проб (условий). Пробы, в которых задание выполнялось неправильно, исключались.

Запись ЭЭГ выполнялась с помощью компьютерного электроэнцефалографа «Мицар-ЭЭГ» (полоса пропускания – 0,53–50 Гц, режекторный фильтр 45–55 Гц, частота квантования – 250 Гц). Electroды располагались в соответствии с международной системой 10–20, референт – объединенные электроды, расположенные на мочках ушей, заземляющий – в отведении Frz.

Для предварительной обработки данных использовалась программа WinEEG. Коррекция артефактов моргания проводилась путем обнуления соответствующих независимых компонент ЭЭГ. Также из дальнейшего анализа исключались пробы, содержащие артефакты. Артефактами считались фрагменты ЭЭГ, в которых: (1) наблюдались потенциалы с амплитудой свыше 100 мкВ для всех регистрируемых электродов; (2) наблюдались медленные волны в диапазоне от 0,53 до 1 Гц, с амплитудой более 50 мкВ; (3) быстрые колебания сигнала в интервале частот от 20 до 35 Гц, с амплитудой более 35 мкВ.

Статистический анализ ошибок пропусков и ложных нажатий, а также времени реакции проводился с помощью непараметрического критерия Манна – Уитни.

Перед выполнением статистической оценки скрытых компонент был проведен предварительный анализ ПСС, чтобы продемонстрировать статистическую значимость различий ПСС между двумя группами. ПСС сравнивались с помощью кластерного теста перестановки [11], реализованного в WinEEG (написанного Пономаревым В.А.). Эта процедура решила проблему множественных сравнений путем кластеризации данных на основе временной и пространственной близости.

На рис. 1 представлена общая схема эксперимента. Он состоит из комбинации двух воздействий на кору головного мозга спортсмена, непосредственной (ТМС) и опосредованной стимуляции (БОС), а также оценки функционального состояния мозга спортсмена ДО и ПОСЛЕ воздействия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Поведенческие показатели. В результате статистического анализа поведенческих показателей, а именно числа пропусков, числа ложных нажатий, времени реакции и варибельности времени реакции, не было выявлено статистически значимых ($p < 0,01$) различий между их распределениями до и после проведения ТМС и БОС.

Проактивный когнитивный контроль. Результаты статистического сравнения усредненных ПСС между двумя состояниями в ответ на первый стимул в пробах представлены на рисунке 2. С точки зрения теории когнитивного контроля в этом временном интервале развиваются процессы проактивного когнитивного контроля (proactive cognitive control). Помимо сенсорных операций (детекция и распознавание зрительного стимула) мозг детектирует конфликт с базовой моделью поведения, реагирует связь стимул–реакция (сформированную в ходе инструкции), формирует программы возможных ответных действий и удерживает их в рабочей памяти с целью оптимального реагирования на последующий триггерный (GO или NOGO) стимул.

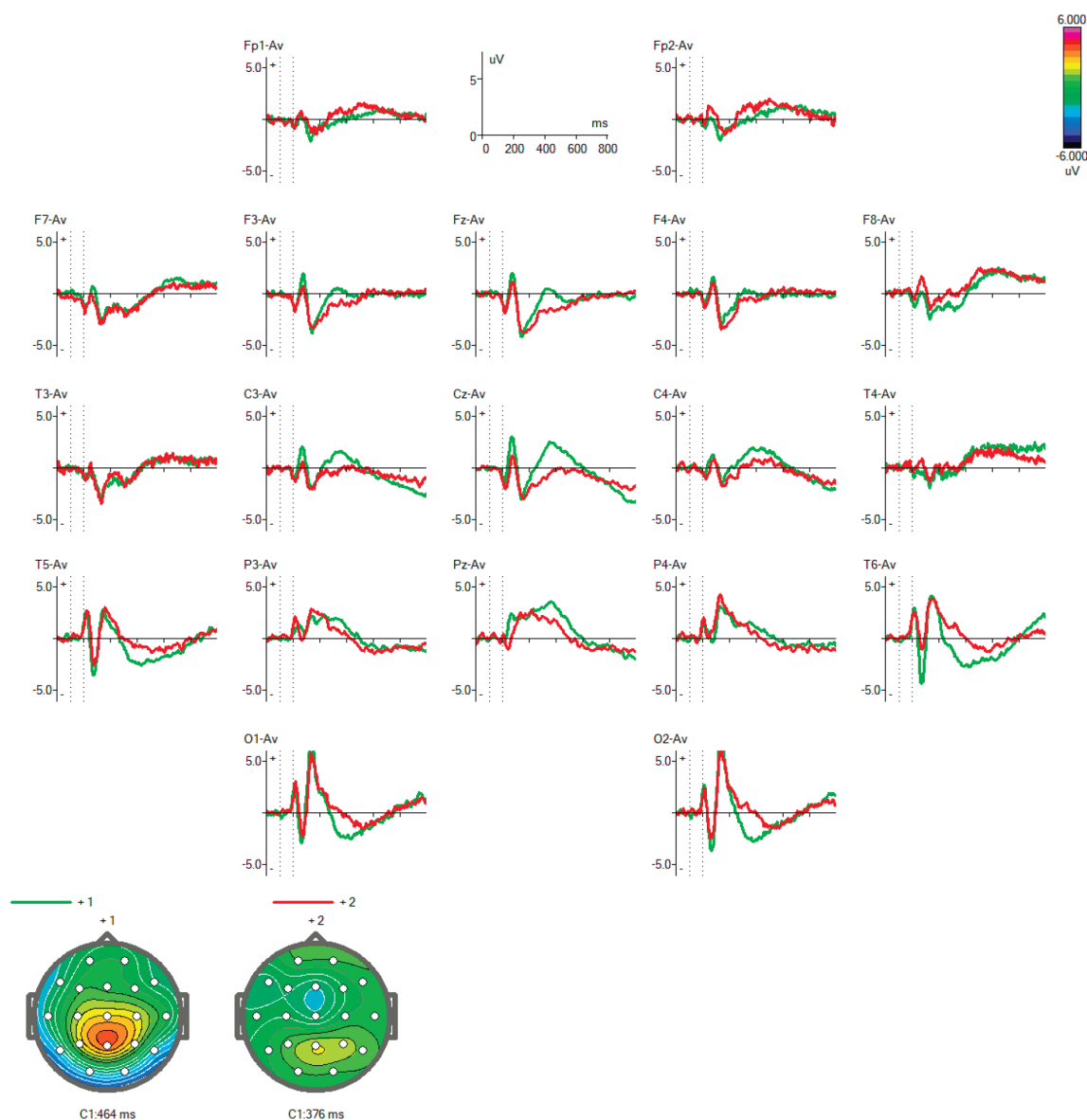


Рис. 2 – Потенциалы, связанные с событиями (ПСС), в ответ на первый значимый стимул (Ж) в тесте GO/NOGO в состояниях ДО (красные линии) и ПОСЛЕ (зеленые линии) комбинированного воздействия на мозг. Волна P3 сие отмечена стрелкой. Топограммы этой волны для двух групп представлены внизу

Из Рис. 2 видно, что волна P3 сие имеет разное распределение и разную мощность для двух состояний, причем в состоянии ПОСЛЕ волна более локализована и ее амплитуда выше. Сказанное подтверждается рисунком 3, на котором представлены разностные кривые ПОСЛЕ–ДО с уровнями статистической значимости.

Действительно, как видно из рис. 3, один из статистически значимых кластеров распределен над теменной областью и отражает вовлечение большего числа нейронов теменной области в психический процесс, гипотетически связанный с реактивацией связи стимул–реакция.

Реактивный когнитивный контроль. На рисунке 4 представлены результаты статистического сравнения ПСС между двумя состояниями, возникающими в ответ на второй стимул, представляющими собой реакцию NOGO. С точки зрения теории когнитивного контроля в этом временном интервале развиваются процессы реактивного когнитивного контроля (reactive cognitive control). В процессе реактивного когнитивного контроля помимо сенсорных операций (детекция и распознавание зрительного стимула) мозг детектирует конфликт с базовой моделью поведения, реактивирует связь стимул–реакция (сформированную

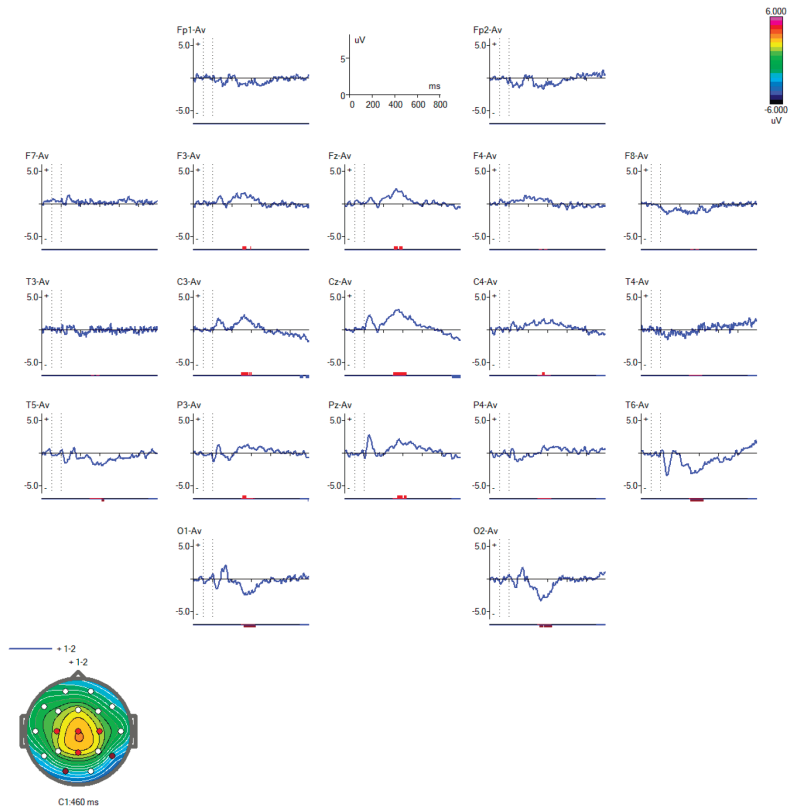


Рис. 3. – Разностные ПСС ПОСЛЕ–ДО (синие линии) в ответ на первый стимул в паре (Ж). Результаты кластерного анализа (см. раздел «материалы и методы») представлены внизу графиков в виде вертикальных столбцов разных цветов. Цвет столбиков обозначает различные пространственно-временные кластеры, выделенные с вероятностью $p < 0,01$. Внизу представлена топограмма разностных кривых во временных отсчетах, обозначенных на графиках стрелками

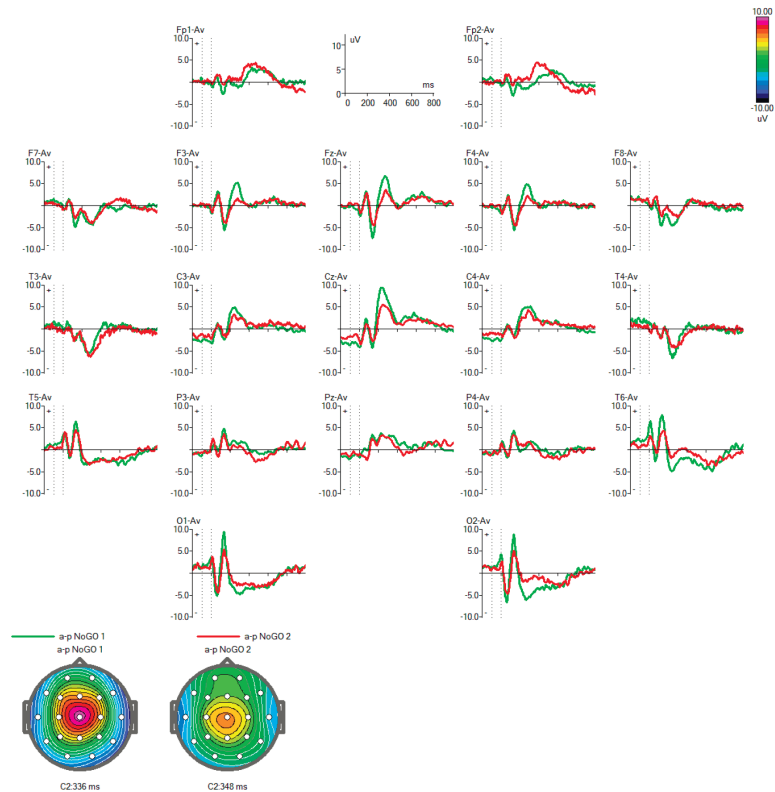


Рис. 4 – Потенциалы, связанные с событиями (ПСС), в ответ на второй значимый стимул (P) в пробах теста GO/NOGO (условие NOGO) в состоянии ПОСЛЕ (зеленые линии) и ДО (красные линии). Топограммы этой волны для двух групп представлены внизу

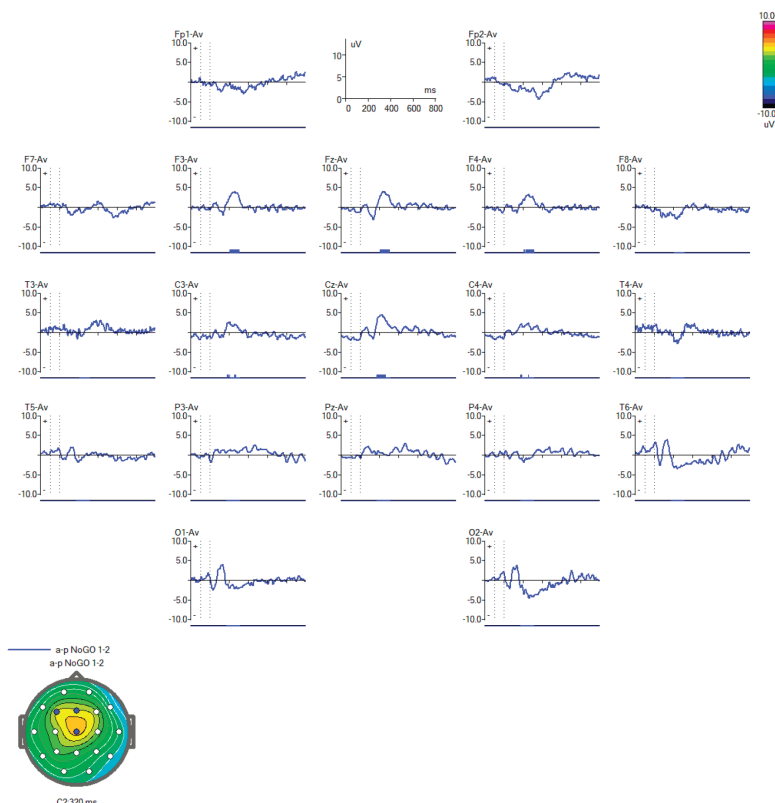


Рис. 5 – Разностные ПСС ПОСЛЕ–ДО (синие линии) в ответ на второй стимул в паре NOGO. Результаты кластерного анализа (см. раздел «материалы и методы») представлены внизу графиков в виде вертикальных столбцов разных цветов. Цвет столбиков обозначает пространственно-временные кластеры, выделенные с вероятностью $p < 0,01$. Внизу представлена топограмма разностных кривых во временных отсчетах, обозначенных на графиках стрелками

в ходе инструкции), выбирает адекватную программу действия, а в случае NOGO-стимула тормозит подготовленную программу.

Из рис. 4 видно, что NOGO-стимул вызывает более сильную реакцию у спортсменов после комбинированного воздействия на лобные доли. Статистически это подтверждается кластерным анализом, представленным на рис. 5.

ВЫВОДЫ

1. На основе данных литературы предложена комбинированная методика регуляции мозговой активности, включающая в себя ТМС, применяемую с целью активации определенной области коры головного мозга, и следующую за ней процедуру нейробиоуправления, применяемую с целью закрепления и длительного удержания результатов действия ТМС.

2. Применение этого протокола для активации лобных областей коры на ограниченной группе спортсменов показало эффективность этой методики.

3. Показано, что мозговые показатели про-

активного и реактивного когнитивного контроля в виде компонент ПСС в GO/NOGO-тесте увеличиваются по амплитуде под влиянием комбинированной методики регуляции функциональных систем головного мозга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sokhadze E. M., El-Baz A. S., Tasman A., Sears L. L., Wang Y., Lamina E. V. et al. Neuromodulation Integrating rTMS and Neurofeedback for the Treatment of Autism Spectrum Disorder: An Exploratory Study // *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. – 2014, Dec; 39(3–4) – P. 237–57.
2. Bruno A., Celebre L., Tagliavia G., Zoccali R., Muscatello M.A. Combining intensive repetitive transcranial magnetic stimulation with neurofeedback in a case of treatment-resistant depression // *Indian Journal of Psychiatry*. – 2021; 63(2). – P. 199.
3. Barker A.T., Jalinous R., Freeston I. L. Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex // *The Lancet*. – 1985; 325(8437). – P. 1106–7.
4. Rossi S., Hallett M., Rossini P. M., Pascual-Leone A. Safety,

- ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research // *Clinical Neurophysiology*. – 2009, Dec; 120(12). – P. 2008–39.
5. Rossini P.M., Burke D., Chen R., Cohen L.G., Daskalakis Z., Di Iorio R. et al. Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee // *Clinical Neurophysiology*. – 2015, Jun; 126(6). – P. 1071–107.
 6. Kobayashi M., Pascual-Leone A. Transcranial magnetic stimulation in neurology // *The Lancet Neurology*. – 2003, Mar; 2(3). P. 145–56.
 7. Berger H. On the electroencephalogram of man // *Electroencephalography and clinical neurophysiology*. – 1969. – P. Suppl-28.
 8. Ingber L., Nunez P. L. Neocortical dynamics at multiple scales: EEG standing waves, statistical mechanics, and physical analogs // *Mathematical Biosciences*. – 2011, Feb; 229(2). – P. 160–73.
 9. Hammond D. C. What Is Neurofeedback? // *Journal of Neurotherapy*. – 2007, Mar 29; 10(4). – P. 25–36.
 10. Marzbani H., Marateb H. R., Mansourian M. Neurofeedback: a comprehensive review on system design, methodology and clinical applications // *Basic and clinical neuroscience*. – 2016; 7 (2). – P. 143.
 11. Maris E., Oostenveld R. Nonparametric statistical testing of EEG- and MEG-data // *Journal of Neuroscience Methods*. – 2007, Aug; 164(1). – P. 177–90.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ КОНТАКТА:

Сергей Игоревич Баршак – медицинский психолог отдела медико-психологического обеспечения спортивных сборных команд РФ, адрес: г. Москва, ул. Большая Дорогомиловская, д. 5, тел.: +7 915 405-55-47, E-mail: sergeybarshak@gmail.com (ответственный за переписку); *Юрий Дмитриевич Кропотков* – д.б.н., профессор, заведующий лабораторией нейробиологии программирования действий, Институт мозга человека имени Н.П. Бехтеровой, адрес: Санкт-Петербург, улица Академика Павлова, д. 12А, тел.: +7 812 670-76-75, E-mail: kropotov@ihb.spb.ru; *Дидур Михаил Дмитриевич* – д.м.н., профессор, директор Института мозга человека имени Н.П. Бехтеровой, адрес: Санкт-Петербург, улица Академика Павлова, д. 12А, тел.: +7 812 670-76-75, E-mail: didur@ihb.spb.ru; *Игорь Николаевич Митин* – к.м.н., ведущий научный сотрудник организационно-исследовательского отдела, адрес: г. Москва, ул. Большая Дорогомиловская, д. 5, тел.: +7 919 100-20-57; E-mail: pino4t@list.ru; *Кирилл Сергеевич Назаров* – психолог отдела медико-психологического обеспечения спортивных сборных команд РФ, адрес: г. Москва, ул. Большая Дорогомиловская, д. 5, тел.: +7 905 164-72-68, E-mail: themourningcomes@gmail.com; *Суфиянова Лилиана Рашидовна* – медицинский психолог отдела медико-психологического обеспечения спортивных сборных команд РФ, адрес: г. Москва, ул. Большая Дорогомиловская, д. 5, тел.: +7 903 504-85-33, E-mail: icy0pin@gmail.com.