Эрюков Вячеслав Валерьевич
канд. пед. наук, доцент
Лаухин Никита Юрьевич
старший тренер-преподаватель
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
г. Москва

МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ АНАЛИЗ ГЛИКОЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ В СТУДЕНЧЕСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ

Аннотация: *представлено рассмотрение (по принципу Intention-to-treat) адаптации метаболических путей (клеточное дыхание /обмен веществ) окислительных процессов учащейся молодежи, регулярно занимающихся повышенной физической нагрузкой (ФН). Оценка проводилась посредством функциональной пробы с применением беговой дорожки (тредмил-тест) согласно модифицированному стандартизированному алгоритму «Брюса/Борга».*

Ключевые слова: *функциональное испытание, метаболические процессы, превращения веществ, дыхание тканей, гликолитический этап, окислительные реакции, гиперлактатемия, микроциркуляция.*

Введение. Современные требования к организации соревновательного процесса в высшей школе предполагают высокую интенсивность соревновательной нагрузки, направленных на повышение спортивного мастерства. Показатели PaO2/SaO2, отражающие уровень насыщения крови кислородом, а также транспортная емкость (O2 л/мин/кг) выступают маркерами этиологии синдрома гипоксии или гипокапнии. Фиксация данных величин свидетельствует о нарушениях регуляторных процессов, вследствие которых развивается ацидоз и происходит накопление молочной кислоты (C3H6O3) в ходе физических нагрузок.

Оценка стандартных показателей гликолитического тканевого обмена проводится посредством скрининга ключевых параметров центральной гемодина-

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

мики, включающего анализ функциональных характеристик кровеносной системы. Нарушение активности метаболизма в микрососудах ухудшает газообмен в тканях (O2/CO2 л/мин/кг), что провоцирует гиперлактатемию (La max ммоль/л) и метаболический ацидоз. Подобное нарушение выведения ограничивает пропорциональность зависимости «перфузия/диффузия» в условиях соревновательной нагрузки (СН).

Цель исследования: поиск и обоснование кардиологических форм морфофункционального биохимического индикатора, верифицирующий «интенсивность/активность» гликолитического метаболизма и механизм нарушения регуляторных систем, формирующие сердечно-сосудистую недостаточность (СН), в студенческой популяции при соревновательной нагрузке (СН).

Методы. В исследовании приняли участие подростки, занимающиеся соревновательной нагрузкой, в количестве – 44 подростка, в возрасте 19,1 ± 0,1 год.

Валидация значений артериальной активности пульсового коридора гемодинамики проводилось по результату функциональной нагрузочной пробы *(Ramp/mecт)* на экспериментальной площадке УСК ФГАОУ ВО НИТУ «*МИСиС*», г. Москва

Анализ данных проводился по принципу Intention-to-treat (ITT), что позволило валидализировать физиологическую когортную адаптационную толерантность от модифицированного фактора промежуточных этапов тестирования.

Функциональная оценка сердечнососудистой системы проводилось методом тредмил/теста с детализацией интенсивности физической «нагрузки», по шкале Борга. В качестве оценочных критериев «ликолиза» и регуляторной функции тканевого дыхания оценивались:

– регуляторная функция дыхания (PaCO2);

– индекс оксигенации (PaO2/SaO2);

– максимальное потребление кислорода (МПК, «peak» VO2 л/мин/кг);

– концентрация лактата (La max ммоль/л) в капиллярной крови.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Для анализа полученных средних результатов использовали U-тест Манна – Уитни, в классификации статистических данных – методом «t- критерий Фишера» и коррекции Холма-Бонферрони (*Bonferroni correction*) с учетом факторного снижения полученных результатов.

Различия считались статистически достоверными при «р» значение ≤ 0, 05, и оценивалась с помощью корреляционного анализа.

Таблица 1

Валидация тканевой активности в популяции учащихся НИТУ «МИСиС» методом функциональной нагрузочной пробы на «истощение» в 2025/2026 уч. году (в модификации шкалы Risk Score 2- OP)

Показатель гемодинамики	*«тренинг TRX»* N-12 (33,1%)	*«тренинг Core»* N-18 (33,6%)	*тренинг «Chipper»* N-14(33,3%)
PWC170 кгм/мин/кг	14,04±0,41	14,04±0,41	14,04±0,41
*Sat O2 (%)	≤ 96,9 ± 0,3	≤ 98,9 ± 0,4	≤ 97,2 ± 0,1
PaO2/FiO2(усл/ед)	420,1 ± 2,4	438,8 ± 7,4	459,01±0,11
PWC170 кгм/мин/кг	14,04±0,41	14,95±0,11	14,15±0,42
Метод D – mah ЧСС, уд/мин (RAMP тест)	148,01±0,07	152,01±0,67	149,01±0,11
Среднее АД (sis)	120,1 ± 2,4	118,8 ± 7,4	136,1 ± 7,1
Среднее АД (dias)	76,8 ± 6,4	72,4 ± 9,1	69,1 ± 6,1
La max (ммоль/л)	≥2,3±0,1	≥2,8±0,1	≥2,7±0,1
МПК VO2 (л/кг)*	3,84 ± 0,5	4,01 ± 0,2	4,09 ± 0,4
Пиковое значение VO2 max(%)	6,4 ± 0,2	6,1 ± 0,4	6,2 ± 0,1
Ан П (ммоль/л/кг)	3,04 ± 0,2	3,14 ± 0,4	4,04 ± 0,1

Примечание. МПК VO2 (max/peak/л/кг)- физиологический «показатель/маркер» транзитной функции доставки кислорода (O2) при соревновательной нагрузке (CH).*

Резюме.

Вейвлет-анализ динамического равновесия скорости образования и утилизации лактата (молочной кислоты) системы крови, характеризует кумулятивные

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

изменения в организме, и составило в контрольных группах – *3,04 ± 0,2* 3,1*4 ± 0,4*, 4,0*4 ± 0,1,*

Достижение пороговых значений нагрузки значения (*анаэробного порога*) в контрольных группах, отражает диссоциированное снижение индекса оксигенации (PaO2/FiO2) на фоне компенсаторной гипервентиляции системы дыхания, выражающейся в снижение парциального давления углекислого газа (PaCO2) в артериальной крови.

Коэффициент корреляции лактата (*La max (ммоль/л)*), формирующий диффузионный коридор активности в микрососудистом русле капилляров и скорость «накопления/концентрациЯ» молочной кислоты (C3H6O3) при соревновательной нагрузке, в контрольных группах составило – ≥2,3±0,1: ≥2,8±0,1; ≥2,7±0,1, см. табл. 1.

В ходе исследования был идентифицирован показатель лактата (*La max ммоль/л)* с дельтой/объемом вентиляцией легких, относительно значения в покое. Данный показатель достоверно отражает степень вовлечения анаэробного гликолиза и эффективность буферных систем крови у студентов под воздействием соревновательной нагрузки.

Рекомендации.

На основании полученных данных, разработан следующий алгоритм рекомендаций, для повышения качества спортивного мастерства при занятие соревновательной нагрузкой (СН).

Мониторинг микроциркуляции:

– регулярный скрининг индекса оксигенации (PaO2/SaO2) и лактатного профиля для оценки адаптации микрососудистого русла сосудистой стенки в капиллярном русле;

– валидация признаков раннего метаболического тканевого ацидоза и гиперлактатемии (*La max > 8,0 ммоль/л*), что целесообразно детализировать нагрузочный показатель аэробной работы и энергетической капилляризации мышц.

Применение протокола Брюса/Борга:

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

– использовать модифицированный тредмил-тест не только для оценки транзитной функции объема кислорода (*МПКл/мин/кг*) но и регуляторную функцию системы дыхания (*PaCO2*) в соревновательный период;

– апробировать программу восстановления пульсового коридора, на повышение тканевого газообмена (*O2/CO2*) и баланса элиминации молочной кислоты (лактата) из мышечных депо.

Выводы.

Соревновательная физическая нагрузка у студентов вызывает выраженный сдвиг метаболизма в сторону гликолитической активности, что сопровождается метаболическим ацидозом и гиперлактатемией.

Ключевым лимитирующим фактором, нарушающим зависимость «перфузия/диффузия», является ухудшение газообмена в микрососудах, что подтверждается динамикой индекса оксигенации (*PaO2/FiO2*) в группах – *420,1 ± 2,4; 438,8 ± 7,4 и* 459,01±0,11.

Комплексная оценка регуляторной функции дыхания (PaCO2), индекса оксигенации и) позволяет выявить морфофункциональный биохимический индикатор (ИГР), достоверно отражающий интенсивность содержания гликолитического метаболизма и скорости ответной реакции на физическую нагрузку, отвечающая за нормализацию процесса энергообмена в тканях.

Анализ полученных результатов подтверждает, что нарушения баланса активности тканевого обмена в капиллярах, носят кумулятивный, системный характер, что снижает реологическую устойчивость кровеносной системы, снижая функционирование гемодинамики при физической нагрузке в популяции детей и подростков.

Список литературы

1. Шарыкин, А. С. Спортивная кардиология. Руководство для врачей функциональной диагностики и спортивной медицины, тренеров. – 2-е изд., испр. и доп. / А. С. Шарыкин, В. А. Бадтиева, В. И. Павлов. – Москва : ИКАР, 2025.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

2. World Health Organization. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour for student populations and young athletes. – Geneva : WHO Press, 2025. – 114 p.

3. Иванов, С. Ю. Микроциркуляция и тканевое дыхание при предельных физических нагрузках у лиц молодого возраста / С. Ю. Иванов, А. М. Петрова // Вестник спортивной науки. – 2025. – Т. 18, № 4. – С. 45–52.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)