

Винокур Татьяна Юрьевна

канд. мед. наук, доцент

Андреева Татьяна Зинововна

преподаватель

Филиппов Игорь Юрьевич

старший преподаватель

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный

университет им. И.Н. Ульянова»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

РЕФЕРЕНСНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО ЭКВИВАЛЕНТА С РАЗЛИЧНЫМ ПОКАЗАТЕЛЕМ КАРДИОЛОГИЧЕСКОГО ИНДЕКСА УЧАЩЕЙСЯ МОЛОДЕЖИ

***Аннотация:** верификация показателей центральной гемодинамики с анализом метаболического эквивалента (MET) учащихся, занимающихся интенсивным функциональным тренингом, с различным показателем гемодинамики (Cardic index), является индикатором толерантности кардиореспираторной системы (КРС) при соревновательной физической нагрузке. Комплексный скрининг показателей центральной гемодинамики, с анализом артериальной активности (ЧСС уд/мин, АД sis/dias) на основе статистического анализа функциональных значений метаболического эквивалента (MET) системы крови, является приоритетным направлением для развития и коррекции сердечно-сосудистой системы (ССС) учащихся, активно занимающиеся оздоровительной физической нагрузкой (ОФН). Индикатором интегральной оценки показателя метаболического эквивалента (MET metabolic equivalent of task), как гликолитического маркера, определяли по вариабельности концентрации лактата (La м/моль/л/кг) методом кардиопульмонального нагрузочного теста (КПНТ) по модифицированному протоколу Брюса, с различным показателем кардиологического индекса (Cardic index л/мин/кг) центральной гемодинамики.*

Ключевые слова: кардиологический индекс, метаболический эквивалент, информативный мониторинг, концентрация лактата, нагрузочный ступенчатый тест.

Цель исследований – определить закономерности (*характер*) вариабельности центральной гемодинамики с различным показателем кардиологического индекса (*Cardic Index л/мин/м²*) учащейся молодежи занимающихся оздоровительной физической нагрузкой (ОФН);

– стратификация значения метаболического эквивалента (*MET metabolic equivalent of task*), как оценочный маркер функционирования энергетических возможностей гемодинамики при оздоровительной физической нагрузке (ОФН).

Дизайн исследования.

В рамках открытого пилотного контролируемого исследования (Pilot studio), были обследованы учащиеся, занимающиеся линейкой «Оздоровительный функциональный тренинг», на экспериментальной площадке ГАПОУ «Чебоксарский профессиональный колледж им. Н. В. Никольского» г. Чебоксар, ЧР.

В пробном пилотном проекте приняли участие 56 учащихся ГАПОУ «Чебоксарский профессиональный колледж им. Н. В. Никольского», в течение 2024/2025 учебного года, г. Чебоксары, ЧР.

Был проведен мониторинг учащихся по специальности «Дошкольное образование», – 27 – юношей и 29 – девушек.

Средний возраст учащихся составил $-16,9 \pm 0,1$ года.

Стандартную интерпретацию показателей насыщения системы крови кислородом (*Sat O² max*), отражающий баланс окислительных процессов оценивалось по показателю «физиологическое утомление» (*symptom-limited maximum exercise test*) кардиореспираторной системы (КРС).

Точность прогностических полученных переменных средних результатов использовали U-тест Манна – Уитни, для точности классификации статистических данных – методом «t- критерий Фишера», с поправкой Холма-Бонферрони

(*Bonferroni correction*) с учетом факторного снижения сопряженности полученных результатов.

Стратификацию и компьютерный анализ полученных результатов вариабельности показателей центральной гемодинамики проводили на экспериментальной площадке БУ Минздрава Чувашии г. Чебоксар, «Республиканский центр общественного здоровья и медицинской профилактики, лечебной физкультуры и спортивной медицины».

Активность метаболического эквивалента (*MET metabolic equivalent of task*) и фактора риска развития сердечно-сосудистых заболеваний ЭСССР РФ в студенческой популяции проводили по следующим стандартизированным критериям:

– показатель, отражающий активность процессов метаболизма (MET), определяли по формуле:

$$1 \text{ ME} = 3,5 \text{ мл O}_2 \text{ мин/кг}$$

– критерий «сатурации» – $\text{Sa O}_2 = 95,0\% - 99,0\%$;
 – показатель максимального потребления кислорода (*МПК VO₂ л/мин/кг*);
 – экспоненциальный показатель кислотно-щелочного баланса побочного продукта концентрации лактата (*La max/ммоль/л/кг*) формирующий ацидоз.

Линейность пиковых значений показателя метаболического эквивалента (*MET*), методом функциональной нагрузочной пробы проводили на беговой дорожке по стандартизированной шкале индекса Дюка.

Лабораторный скрининг гликолитических процессов, связанный с экспоненциальным ростом содержания молочной кислоты (*C₃H₆O*, *lactic acid*), оценивался по показателю концентрации лактата (*La ммоль/л/кг*), методом нагрузочного тестирования (НТ), проба протокола Брюса.

Интенсивность метаболического эквивалента (МЕ) энергообеспечения гемодинамики на физическую нагрузку оценивали кардиопульмональным нагрузочным тестом (КПНТ) с анализом *показателя качества реакции (ПКР)* на физическую нагрузку по объему потребления кислорода (VO_2 л/мин/кг) аппаратом (*Pulse Ox 7500 SPO Medical, Израиль*).

Все участники мониторинга дали письменное персональное согласие на проведение дизайна и обработку персональных данных.

Кардиологический индекс (*Cardic Index* л/мин/м²) как маркер функциональной диффузии кровотока формирующий сердечный выброс (МОК л/мин) из левого желудочка за одну минуту, к поверхности площади тела (BSA), методом формулировки закона Фика:

$$Cardic\ Index\ л/мин/м^2 = \frac{SV \times HR}{BSA};$$

Оценку активности сердечно – сосудистой системы определяли по показателю метаболического эквивалента (МЕ) гемодинамики на основе модифицированного опросника/анкеты «Индекса активности», по стандартизированной диагностической шкале «Брюса» (*Activite Status Index*).

Оценку уровня насыщения (сатурация) капиллярного русла крови кислородом (О₂л/кг/мин) стратифицировали методом пульсоксиметрией по формуле:

$$SpO_2 = (HbO_2 / HbO_2 + Hb) \times 100\%;$$

Верификацию метаболического эквивалента гликолитического характера проводили по абсолютной шкале (ШОКС) на основе стандартизированных измерений по следующим критериям:

- показатель экспоненциального накопления концентрации лактата (*La max* ммоль/л) отражающий пороговый дисбаланс транспортной функции сердечно-сосудистой системы (ССС) при оздоровительной физической нагрузке (ОФН);
- максимальное потребление кислорода (*МПК VO₂ max* л/кг/мин), методом функциональной нагрузочной пробой (*RAMП-тест*);
- показатель периферической оксигенации/сатурации (*SpO₂*) системы гемодинамики и функционирование дыхательной системы оценивали методом спирометрией.

Компьютерный мониторинг обработки полученных статистических данных верифицировали на основе корректировки математического анализа, с поправкой Бонферрони (анализ факторной сопряженности) позволяющая повысить доказательность гипотезы.

Количественную и качественную оценку прогностической модели ранних сердечно – сосудистой динамики применяли метод логистической регрессии (модуль *Binary logistic regression*) с применением стандартизованного коэффициента регрессии и статистики Вальда (Wald).

Для точности (Se) полученных результатов применяли коррекционную модель бинарной классификации «ROC – анализ».

Таблица 1

Интегральные показатели вариабельности «эргометричности» гемодинамики учащихся ЧПК им. Н. В. Никольского 2024/2025 уч/году
(в модификации шкалы Рейнольдса/Reynolds Risk Score)

| Показатели центральной гемодинамики | | <i>Cardic Index</i> ≤ 2,4 л/мин/м ² n-17 (30, 3%) | <i>Cardic Index</i> ≥ 2,5–4,5 л/мин/м ² n-18 (32, 2%) | <i>Cardic Index</i> ≥ 4,6 л/мин/м ² n-21 (37, 5%) |
|---------------------------------------|-------------|--|--|--|
| Метаболический эквивалент (МЕТ) | | 8,56±0,07 | 8,86±0,11 | 8,86±0,11 |
| PWC ₁₇₀ (кгм/мин/кг) | | 15,09±0,11 | 16,49±0,09 | 15,41±0,02 |
| La _{тах} (ммоль/л) | | ≥2,3±0,1 | ≥2,8±0,1 | ≥2,7±0,1 |
| Среднее ЧСС (уд/мин) | день | 81,1 ± 1,1 | 79,1 ± 1,5 | 83,1 ± 0,4 |
| | ночь | 74,8 ± 2,7 | 71,1 ± 2,1 | 73,8 ± 1,4 |
| AD (sis/dias) после 20 приседаний | до нагр. | 121,08±0,81 81,01±0,04 | 118,04±0,01 79,41±0,01 | 117,08±0,81 83,01±0,23 |
| | после нагр. | 151,08±0,41 69,41±0,04 | 153,11±0,01 71,23±0,11 | 151,08±0,61 70,01±0,01 |
| МПК VO ₂ (л/кг) | | 3,9± 0,1 | 4,1± 0,2 | 3,9± 0,4 |
| *Sp O ₂ (%) | | 96,9 ± 0,3 | 98,9 ± 0,4 | 97,2 ± 0,1 |

Примечание.* Метаболический эквивалент (MET) – кардиологическая оценка эргометрической функциональной активности гемодинамики методом нагрузочной пробы (Rat/тестр).

Обсуждение.

Мониторинг популяции «студенческой молодежи», занимающихся в группе спортивного мастерства с максимальной соревновательной нагрузкой, является приоритетным направлением для функциональной диагностики возможностей энергетического эквивалента (MET).

Стратификация (от лат. сл. «stratum/расслаивание») показателя резистентности метаболического эквивалента (*MET metabolic equivalent of task*), формирующая качество окислительных процессов и гликолитическое взаимодействие интенсивной физической нагрузке, представлены в табл.1

Функциональная диагностика индивидуальных значений активности гемодинамики методом пробы (*Ram/тестр*), позволяет стратифицировать динамику сердечно-сосудистой системы при физической нагрузке (ФН).

Метод бинарной логистической регрессии с пошаговым мониторингом значения метаболического эквивалента гемодинамики, позволяет проводить коррекцию гликолитических процессов при пиковой физической нагрузке в работе сердечно-сосудистой системы (ССС), что повышает уровень адаптации гемодинамики занимающихся интенсивной физической нагрузкой.

Стандартизированным критерием показателя метаболического эквивалента (MET), является компенсаторно-приспособительная реакция, что служит кардиологическим маркером генезиса синдрома нарушений метаболического равновесия, что позволяет стратифицировать регулятивную функцию «адаптации/дезадаптации» формирующую «толерантность» к физической нагрузке.

Стандартизация критерия анаэробного порога (АнП м/моль), отражающий пороговое значение концентрации лактата (*La ммоль/л*), как лимитированной транзитной зоны, характеризуется скоростью и элиминацией молочной кислоты (*C₃H₆O₃, lactic acid*) при нарушении транспорта кислорода (*O₂ л/мин/кг*) к тканям, при пиковой физической нагрузке (ФН).

Вариабельность функционирования метаболического анаэробного обмена в группах, характеризует состояние метаболического гликолиза лактата (*La м/моль*), и коррелирует с показателем анаэробного порога (АнП), что отражает коридор окислительных гликолитических процессов, и составило в контрольных группах – $5,6 \pm 0,1$; $5,8 \pm 0,1$ и $5,1 \pm 0,1$ (ммоль/л/кг).

Показатель качества «оксигенации/сатурации» (SatO₂) насыщения крови кислородом в контрольных группах, находятся в коридоре физиологической нормы, что отражает функциональное состояние активности дыхательной си-

стемы, и находятся на уровне «физиологической» нормы – $96,9 \pm 0,3$; $97,2 \pm 0,1$ и $97,8 \pm 0,1$.

Многомерный анализ индивидуальных значений метаболического эквивалента, как индикатора скорости концентрации молочной кислоты (*C₃H₆O₃ lactic acid*), позволяет детализировать синдром окислительных процессов, и как следствие прогнозировать регенерацию метаболических процессов гликолитического характера.

Регрессивный анализ активности метаболического эквивалента гликолитического характера, позволяет диагностировать закономерность окислительных процессов и адаптацию сердечно-сосудистой системы к при физической нагрузке (ФН).

Верификация показателя активности метаболического эквивалента, является стандартизированный мониторинг изменений микроциркуляции кровообращения в митохондриях, что свидетельствует о респираторной компенсации, и феномена «адаптации» к интенсивной пиковой нагрузке организм учащейся молодежи.

Список литературы

1. Винокур Т.Ю., Сазиева З.Ф., Абдуллаева С.О., Капитова И.Н. Референсная валидация вариабельности анаэробного порога как стандартизированный маркер функциональной активности учащейся молодежи // Технопарк универсальных педагогических компетенций: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Чебоксары, 2025. – С. 229–233. – EDN MKAQIZ
2. Кардиология: учебник / под ред. И.Е. Чазова. – 2024. – С. 241–245. ISBN 978–5-9704–78783-7.

3. Соболев А.В. Особенности суточной вариабельности синусового ритма у больных идиопатической легочной гипертензией различной тяжести / А.В. Соболев, Е.Ш. Кожемякина, Н.Х. Курбонбекова [и др.] // Кардиологический вестник. Научно-практический рецензируемый журнал. – 2022. – Т. 17. №1. – С. 58–60.
4. Российский кардиологический журнал. Научно-практический рецензируемый журнал. – 2017. – №4 (144). – С. 44–48.