

Винокур Татьяна Юрьевна

канд. мед. наук, доцент

Андреева Татьяна Зиноновна

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. Чебоксары, 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. Чебоксары, «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 ЭСССЕ РФ в студенческой популяции проводили по следующим стандартизованным критериям:

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

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

- 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 acid3*), 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 ($\text{VO}^2 \text{ л/мин/кг}$) 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:

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

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 Indeh*).

Оценку уровня насыщения (сатурация) капиллярного русла крови кислородом (O₂л/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 стандартизованных 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 mah л/кг/мин*), методом функциональной нагрузочной пробой (*RAMP-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)

<i>Показатели центральной гемодинамики</i>		<i>Cardic Index</i> $\leq 2,4 \text{ л/мин}/\text{м}^2$ n-17 (30, 3%)	<i>Cardic Index</i> $\geq 2,5–4,5 \text{ л/мин}/\text{м}^2$ n-18 (32, 2%)	<i>Cardic Index</i> $\geq 4,6 \text{ л/мин}/\text{м}^2$ n-21 (37, 5%)
<i>Метаболический эквивалент (MET)</i>		$8,56 \pm 0,07$	$8,86 \pm 0,11$	$8,86 \pm 0,11$
<i>PWC 170 (кгм/мин/кг)</i>		$15,09 \pm 0,11$	$16,49 \pm 0,09$	$15,41 \pm 0,02$
<i>La max (ммоль/л)</i>		$\geq 2,3 \pm 0,1$	$\geq 2,8 \pm 0,1$	$\geq 2,7 \pm 0,1$
<i>Среднее ЧСС (уд/мин)</i>	<i>день</i>	$81,1 \pm 1,1$	$79,1 \pm 1,5$	$83,1 \pm 0,4$
	<i>ночь</i>	$74,8 \pm 2,7$	$71,1 \pm 2,1$	$73,8 \pm 1,4$
<i>AD (sis/dias)</i> <i>после 20 приседаний</i>	<i>до нагр.</i>	$121,08 \pm 0,81$ $81,01 \pm 0,04$	$118,04 \pm 0,01$ $79,41 \pm 0,01$	$117,08 \pm 0,81$ $83,01 \pm 0,23$
	<i>после нагр.</i>	$151,08 \pm 0,41$ $69,41 \pm 0,04$	$153,11 \pm 0,01$ $71,23 \pm 0,11$	$151,08 \pm 0,61$ $70,01 \pm 0,01$
<i>МПК VO2 (л/кг)</i>		$3,9 \pm 0,1$	$4,1 \pm 0,2$	$3,9 \pm 0,4$
<i>*Sp O² (%)</i>		$96,9 \pm 0,3$	$98,9 \pm 0,4$	$97,2 \pm 0,1$

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

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/testpr*), 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.

Стандартизованным критерием показателя метаболического эквивалента (МЕТ), 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 (О₂ 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 ± 0,1; 5,8 ± 0,1 и 5,1 ± 0,1 (ммоль/л/кг).

Показатель качества «оксигенации/сатурации» (SatO₂) насыщения крови кислородом в контрольных группах, находится 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 стандартизованный 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 анэробного порога как стандартизованный 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.