

Полякова Майя Владиславовна

учитель

МБОУ «СОШ №24»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

Григорьева Наталья Владимировна

учитель

МБОУ «СОШ №18»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

Михайлова Татьяна Вениаминовна

учитель

МБОУ «Кугесьский лицей»

п. Кугеси, Чувашская Республика

Суриков Алексей Александрович

канд. пед. наук, доцент,

Чебоксарский филиал

ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства

и государственной службы при Президенте Российской Федерации»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

ТИПОЛОГИЧЕСКАЯ ОСОБЕННОСТЬ ПУЛЬСОВОЙ АКТИВНОСТИ КРОВотоКА В ПОПУЛЯЦИИ ПОДРОСТКОВ ПРИ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ

***Аннотация:** в статье представлены результаты исследования состояния микроциркуляторного русла и метаболической активности у подростков при соревновательной физической нагрузке на истощение. В исследовании приняли участие 24 юноши и 14 девушек (средний возраст $16,9 \pm 0,4$ года). Применялись компьютерная видеокапилляроскопия, кардиопульмональное нагрузочное тестирование, анализ лактата, сатурации и анаэробного порога; статистическая обработка включала ANOVA и вейвлет-анализ. Установлена устойчивая митохондриальная активность, кумулятивный характер равновесия вазодила-*

тации/вазоконстрикции и линейная зависимость между ЧСС и уровнем лактата. Полученные данные позволяют локализовать регулятивную дисфункцию капиллярного русла и рассматриваются как прогностические маркеры гипоксии и резервных функций сердечно-сосудистой системы. Материал адресован специалистам в области спортивной медицины и физиологии.

Ключевые слова: гемодинамика, микроциркуляторное русло, капилляроскопия, физическая нагрузка, подростки, лактат, анаэробный порог, вейвлет-анализ, митохондриальная активность, сердечно-сосудистая система.

Актуальность. В разные годы Европейское общество кардиологов принимало попытки спектрального анализа количественной и качественной оценки морфофункциональных сдвигов базовых показателей гемодинамики при соревновательной нагрузке в популяции детей и подростков.

В рамках реализации диагностической программы по профилактике детей и подростков, рекомендованной исследовательским центром «ФГБУ НМИЦК им. академика Е.И. Чазова» МЗ РФ, был инициирован лабораторный мониторинг активности кровотока капиллярного русла в тканях при интенсивной физической нагрузке на истощение.

В рамках пилотной программы по профилактике здоровья учащейся молодёжи была верифицирована активность кровотока капиллярного русла методом компьютерной видеокапилляроскопии по абсолютной шкале (ШОКС) по следующим критериям:

- значение ацидоза (ПАНО) (PaO_2/FiO_2);
- состояние «сатурации/оксигенации» (PaO_2 , SaO_2);
- пульсовая «оксиметрия» – (SaO_2);
- показатель ацидоза (C_3H_6O , *lactic acid*).

Лабораторный скрининг гликолитической активности, дисфункции анаэробных (бескислородных) гликолитических процессов, формирующий повышенное содержание молочной кислоты (C_3H_6O , *lactic acid*) в крови, оценивался по вариабельности значения ацидоза (La ммоль/л), формирующего функцио-

нальную перестройку при возрастающей интенсивной физической нагрузке на истощение.

Комплексная оценка состояния здоровья детей и подростков на основе анализа всех критериев является реализацией программы государственной политики в сфере охраны здоровья учащейся молодёжи, что закреплено в ФЗ «Об образовании в РФ» от 29.12.2012 ст. 41.

Цель работы – типологическое состояние микроциркуляторного русла и механизмов регуляции метаболической активности, процессов с повышенным уровнем влияния соревновательной физической нагрузки (ФН) на организм.

Материал исследования.

В рамках открытого перспективного контролируемого исследования (Controlled study) методом капилляроскопии гемодинамики была проведена визуализация капиллярного русла при воздействии соревновательной нагрузки на истощение в популяции подростков.

Возраст составил $16,9 \pm 0,4$ года, в количестве:

24 юноши и 14 девушек.

Значение транспортной функции и вентиляции лёгких (МПК л/мин/кг) является маркером аэробной мощности и проводилось классическим методом по уравнению Д. Фика.

Анализ полученных результатов проводился с помощью универсального статистического пакета программы SPSS (Maxima).

Стандартное колебание объёма вентиляции лёгких, насыщения системы крови кислородом (*Sat O₂ max*), отражающее баланс окислительных процессов, определяли по феномену «физиологическое утомление» (*symptom-limited maximum exercise test*) базовых показателей центральной гемодинамики.

Верификацию результатов проводили на основе критерия «хи-квадрат Пирсона», методом средних значений регрессионного анализа в классификации Краскела – Уоллиса.

Зависимость количественных показателей оценивалась с помощью двухфакторного рангового дисперсионного корреляционного анализа (ANOVA).

Валидация гликолитической тканевой активности в популяции подростков методом кардиопульмонального нагрузочного тестирования (НТ) на истощение, 2025/2026 уч. год (в модификации шкалы Risk Score 2-OP)

Показатель гемодинамики	Тренинг «шорт-трек» N-14 (33,6%)	Тренинг «пилатес» N-12 (33,2%)	Тренинг «Chipper» N-12 (33,2%)
*Sat O ₂ (%)	$\leq 96,9 \pm 0,3$	$\leq 98,9 \pm 0,4$	$\leq 97,2 \pm 0,1$
PaO ₂ /FiO ₂ (усл/ед)	$420,1 \pm 2,4$	$438,8 \pm 7,4$	$459,01 \pm 0,11$
PWC170 кгм/мин/кг	$14,04 \pm 0,41$	$14,95 \pm 0,11$	$14,15 \pm 0,42$
Метод D-max ЧСС, уд/мин (RAMP тест)	$148,01 \pm 0,07$	$152,01 \pm 0,67$	$149,01 \pm 0,11$
Среднее АД (sis)	$120,1 \pm 2,4$	$118,8 \pm 7,4$	$136,1 \pm 7,1$
Среднее АД (dias)	$76,8 \pm 6,4$	$72,4 \pm 9,1$	$69,1 \pm 6,1$
La max (ммоль/л)	$\geq 2,3 \pm 0,1$	$\geq 2,8 \pm 0,1$	$\geq 2,7 \pm 0,1$
МПК VO ₂ (л/кг)	$3,84 \pm 0,5$	$4,01 \pm 0,2$	$4,09 \pm 0,4$
Пиковое значение VO ₂ max (%)	$6,4 \pm 0,2$	$6,1 \pm 0,4$	$6,2 \pm 0,1$
АнП (ммоль/л/кг)	$3,04 \pm 0,2$	$3,14 \pm 0,4$	$4,04 \pm 0,1$

Резюме.

Вейвлет-анализ функции процессов «вазодилатация/вазоконстрикция» и потолка значений порога анаэробного обмена (АнП ммоль/л/кг) подтверждает кумулятивный характер динамического равновесия, составившего в контрольных группах: АнП (ммоль/л/кг) – $3,04 \pm 0,2$; $3,14 \pm 0,4$; $4,04 \pm 0,1$.

Результаты констатируют устойчивую «митохондриальную» активность на клеточном уровне, повышая гемодинамическую и реологическую функцию кровотока, что является прогностическим маркером нарушений, формирующих гипоксию, отвечающую за дисфункцию, т. е. дизоксию капиллярного русла кровотока, снижение показателя поглощения кислорода (O₂) на клеточном уровне.

Латентный лабораторный показатель «гипокапния/гиперкапния», отражающий концентрацию баланса углекислого газа (CO₂), возникновение «кислородного долга», валидизирует линейную зависимость пульсовой активности (ЧСС уд/мин) и концентрацию уровня лактата (La ммоль/л), снижающую гипервентиляцию лёгких при соревновательной нагрузке (СН).

Полученные результаты референсных регулятивной активности перфузии капиллярного русла позволяют локализовать регулятивную дисфункцию.

Интерпретация результатов вейвлет-анализа позволяет визуализировать локальный участок настройки кровотока, обеспечивая приток крови к работающим тканям, регулируя локальные потребности в тканях при соревновательной нагрузке (СН) на истощение.

Оценка скорости капиллярной циркуляции крови (СКК) мельчайших сосудов позволяет верифицировать визуализацию нарушений динамики кровотока «*ВОЗ Anthro*».

Логистическая модель результатов имеет достоверные различия вариативности транскапиллярной активности, средних значений тканевого обмена, что является маркером в клинической оценке функционирования сердечно-сосудистой системы (ССС) при активной мышечной работе на истощение.

Полученные результаты индивидуальных значений транскапиллярной динамики обмена веществ служат маркером детализации резервных функций сердечно-сосудистой системы, индивидуальных нарушений функциональных сдвигов методом функциональной нагрузочной пробы (КПНТ).

Список литературы

1. Назаренко А.С. Специфика постурального контроля у детей и подростков, занимающихся спортом, с учетом возрастных и вегетативных аспектов / А.С. Назаренко, Ф.А. Мавлиев // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. №4(34).
2. Гемодинамические эффекты саморегуляции кровообращения у спортсменов игровых видов спорта / А.С. Прохорцева, А.В. Казалиева, М.Г. Половникова, М.А. Зуб // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. №4(34).
3. Сосудистая жесткость и вегетативный статус у лиц молодого возраста в аспекте совершенствования их ангиологического скрининга / М.Е. Евсеева, О.В. Сергеева, В.Д. Кудрявцева [и др.] // Профилактическая медицина. – 2026. – Т. 29. – №4. – С. 51–60. – DOI 10.17116/profmed20262904151. – EDN XHNHBL