

Митрофанова Татьяна Владимировна

заместитель директора по учебно-спортивной работе

МБУ ДО СШ «Спартак»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

Хакимова Светлана Сергеевна

тренер-преподаватель

АУ ДО «СШ «Асамат»

г. Цивильск, Чувашская Республика

Сергеева Оксана Николаевна

учитель

МБОУ «СОШ №42»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

Мальцова Анастасия Петровна

тренер-преподаватель

МБУ ДО СШ «Спартак»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

**РЕФЕРЕНСНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОЦИРКУЛЯЦИОННОЙ
ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ГЕМОДИНАМИКИ
ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ
В ГРУППЕ СПОРТИВНОГО МАСТЕРСТВА**

Аннотация: в статье представлены результаты исследования функциональной артериальной активности и микроциркуляции капиллярного русла у 71 подростка спортивной школы методом лазерной доплеровской флоуметрии и капилляроскопии при соревновательных нагрузках. Данные обосновывают необходимость стандартизации оценки микроциркуляции для профилактических программ в соответствии с ФЗ МЗ РФ №7 (ред. 23.07.2025).

Ключевые слова: тканевая перфузия, капилляроскопия, артериальная активность, сердечный индекс, капиллярное русло.

Актуальность. Пилотный проект исследования определялся комплексной задачей в редакции плановой профилактики и диагностики функционирования капиллярного кровотока учащейся молодежи и регламентируется Федеральным нормативным действующим законом МЗ РФ ст. 7 в ред. от 23.07.2025 «Приоритет профилактики и охраны здоровья детей» с изм. и доп., вступившими в силу от 01.01.2026.

Цель. Верификация функциональной артериальной активности (АД sis/dias) с различным показателем кардиологического индекса (Cardiac index л/мин/кг) методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) и детализация микроциркуляции капиллярного русла.

На основе стратификации доказательной медицины для верификации полученных результатов применяли стандартизированный диагностический тест ультразвуковой доплерографии с определением функционального класса сердечной функции (протокол Брюса) и характер соответствия потребности системы крови (СИ л/мин/кг) функционирования капиллярного русла при интенсивной физической нагрузке (ФН).

Материал исследования. В рамках открытого перспективного контролируемого исследования (Controlled study), методом капилляроскопии гемодинамики была проведена визуализация показателей гемодинамики детей и подростков, занимающихся соревновательной нагрузкой в АУ ДО «СШ «Асамат» Цивильского м.о. ЧР. Средний возраст составил $18,4 \pm 0,1$ года, в количестве: 37 девочек и 34 мальчика.

По детализации критерия флаксмоций (ИФМ) и характера показателя гипоперфузии и анализа внутрисосудистой динамики были сформированы мониторинговые группы:

- *Cardiac index* – $\leq 2,5$ (л/мин/м²) – $n=21$ (30,3%);
- *Cardiac index* – $\geq 2,6 - 4,2$ (л/мин/м²) – $n=26$ (32,2%);
- *Cardiac index* – $\geq 4,3$ (л/мин/м²) – $n=24$ (37,5%).

Валидация функционального состояния показателя центральной гемодинамики учащейся молодежи проводилась методом перфузионной компьютерной

томографии (ПКТ) с мониторингом валидации тканевой перфузии/оксиметрии (SpO₂) на экспериментальной площадке БУ ЧР «Республиканский кардиологический диспансер» в условиях плановой медицинской диспансеризации и диагностики детей и подростков.

Показатель сердечного индекса (IndexSD л/мин/м²), как основной маркер «качества состояния» гемодинамики при физической нагрузке, формирующий сердечный выброс (CO) из левого желудочка за одну минуту, относительно поверхности тела (BSA), методом эхокардиографии (МРТ), определяли по формуле: *Cardiac index л/мин/кг² = CO / BSA = (SV x HR) / BSA.*

Оценку поверхности тела (ППТ, от англ. BSA) проводили по формуле Дюбуа и Дюбуа с применением стандартного коэффициента: *ППТ м² = (вес/кг x 0,425) x (рост/см x 0,725) x 0,007184.*

Оценку максимальных значений индекса тканевой микроциркуляции (ИФМ) тканевого кровотока в капиллярном русле по следующему алгоритму: *Индекс флаксмоций (ИФМ) = ALF / (ALF + ACF) усл/ед.*

Относительные и абсолютные значения вариабельности «отклонений» функционирования сердечно-сосудистой системы (ССС), с оценкой показателя значений сердечного индекса (СИ л/мин/кг), отражающие дисбаланс регуляции микроциркуляции в тканевом русле прогнозирования отклонений в состоянии обменных метаболических процессов, проводили по международной Шкале «SCORE» (Coronary Risk Evaluation).

Сравнительная точность оценки критериев и достоверность полученных статистических результатов проводилась методом анализа факторной сопряженности (хи-квадрат Пирсона).

Интегральная оценка артериальной активности
методом функциональной пробы (Ramp/тест) популяции детей,
занимающихся соревновательной нагрузкой «АУ ДО СШ «Асасмат»
в 2025/2026 (в модификации шкалы Risk Score 2 – ОР)

Показатель		Тренинг «Cross Fit» N-21 (30, 3%)	Тренинг «пилатес» N-26 (32, 2%)	Тренинг «шорт-трек» N-24 (37, 5%)
Индекс флаксмоций (ИФМ) усл/ед		2,41±0,02	2,44±0,01	2,31±0,02
Cardic index (СИ л/мин/кг)		≤ 2,5±0,1	≥ 2,5–4,0±0,2	≥ 4,1±0,1
PWC 170 (кгм/мин/кг)		15,09±0,11	16,49±0,09	15,41±0,02
МОК л/мин		4,59±0,02	4,69±0,11	4,44±0,54
ОПСС дин/сек/см		1041,08±0,11	1071,08±0,01	1081,08±0,22
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
ЧСС уд/мин после 20 приседаний уд. за 10 сек	до нагр.	14,49±0,12	14,58±0,11	14,51±0,03
	после нагр.	22,12±0,15	29,02±0,15	27,10±0,11
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)		3,7±0,1	4,1±0,2	3,9±0,4
*Sat O ₂ (%)		96,9±0,3	98,9±0,4	97,2±0,1

*Примечание.** Индекс флаксмоций (усл/ед) – показатель механизмов регуляции микроциркуляции в капиллярном русле.*

Резюме.

Валидация значений показателя сердечного индекса (Cardiac Index л/мин/кг) позволяет диагностировать активность микроциркуляции и модуляцию характера нарушений тканевого кровоснабжения в контрольных группах, см. табл. 1.

Отсутствие единых нормативов и подходов в качественной оценке функционального состояния перераспределения пульсовой волны и объема кровотока в магистральных сосудах капиллярного русла отражает нарушение проницаемости и замедление активности обменных процессов и декомпенсированное тка-

невое состояние кровотока, что составило в контрольных группах по индексу флаксмоций (ИФМ): $2,41 \pm 0,02$; $2,44 \pm 0,01$; $2,31 \pm 0,02$ (усл/ед) – см. табл. 1.

Определение биохимических маркеров тканевой «перфузии/диффузии» важно для оценочного анализа степени сердечно-сосудистой недостаточности (СН) и детализации дисбаланса регуляции микроциркуляции, что может служить дополнительным диагностическим критерием уточнения нарушений механизмов регуляции.

Стандартизация транскапиллярной перфузии кровотока в тканях капиллярного русла и унификация активности тканевого метаболического обмена при соревновательной нагрузке, при планировании функциональной нагрузки, является актуальной проблемой, отражающей интеграционные процессы активности клеток и промежуточного тканевого дыхания.

Верификация эпизодового феномена «гипоксия» ($C_3H_6O_3$ lactic acid), формирующая колебания активности регулятивной функции в группах, носит кумулятивный характер компенсаторных возможностей, направленных на повышение функции «резервных» возможностей системы дыхания (ЖЕЛ л/мин/кг) при соревновательной нагрузке.

Клиническая интерпретация показателя сатурации насыщения гемоглобина кислородом (SatO₂%) системы крови коррелирует с респираторным индексом и свидетельствует о «напряжении» и снижении резервных механизмов, что составило: $96,9 \pm 0,3$; $98,9 \pm 0,4$; $97,2 \pm 0,1$.

Модель полученных результатов тканевого обмена в капиллярном русле позволяет верифицировать феномен «перфузия/оксиметрия» с высоким уровнем активности протекания процессов энергетического метаболизма, что расширяет качество оздоровительных программ, направленных на коррекцию, укрепление и повышение здоровья детей и подростков.

Список литературы

1. Волков Н.И. Биохимия мышечной деятельности / Н.И. Волков, Э.Н. Несен, А.А. Осипенко [и др.]. – Киев: Олимпийская литература, 2000. – С. 331–336.

2. Российский кардиологический журнал: науч.-практ. рецензируемый журн. – 2022. – №4(144). – С. 44–48.

3. Кардиологический вестник: науч.-практ. журн. – 2024. – Т. 7. №1. – С. 18–20.