

Винокур Татьяна Юрьевна

канд. мед. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

Андреева Татьяна Зиновна

старший преподаватель

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

Капитова Ирина Николаевна

канд. мед. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

Кожанов Виктор Иванович

канд. пед. наук, доцент

Чебоксарский филиал

ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства
и государственной службы при Президенте Российской Федерации»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ КРОВОТОКА ГЕМОДИНАМИКИ УЧАЩЕЙСЯ МОЛОДЕЖИ МЕТОДОМ ВИТАЛЬНОЙ БИОМИКРОСКОПИИ

Аннотация: в статье представлены результаты исследования нарушений микроциркуляции капиллярного кровотока у студентов при физической нагрузке с использованием методов перфузионной компьютерной томографии, флоуметрии, лазерной радиометрии и нагрузочного тестирования (Ramp/тест). Цель – компьютерная визуализация нарушений регуляторной функции тканево-

го кровотока и диагностика коморбидных симптомов при активной физической нагрузке. Выявлено, что колебания значений перфузии/диффузии объясняются транзиторной неоднородностью тканевой гипоксии, снижением активности кровотока и нарушением проницаемости микрососудов. Результаты верифицируют необходимость профилактической диагностики в студенческой популяции, занимающейся оздоровительной физической нагрузкой.

Ключевые слова: микроциркуляция, капиллярный кровоток, перфузионный индекс, физическая нагрузка, студенты.

Актуальность. Нарушение биохимической реакции тканевого обмена в капиллярном русле при кардиологической нагрузке ассоциируется с нарушением углеводно-энергетического баланса метаболических обменных процессов и снижением механизмов регулятивной адаптации при нагрузке.

Валидация характера особенностей внутриклеточной перфузионной активности транзитарной функции крови в единицу времени проводилась методом витальной компьютерной томографии (ПКТ).

Цель: компьютерная визуализация нарушений регулятивной функции тканевого кровотока и диагностика коморбидных синергетических симптомов диагностики характера реакции при активной физической нагрузке (ФН).

Детализация фракционного резерва объема капиллярного кровотока (индекс PI%) как оценочный маркер перфузионных «потребностей/запросов» служит диагностическим инструментом визуализации состояния объемного капиллярного русла кровообращения при физической нагрузке (*Ramp/мест*).

Дизайн работы.

Детализация состояния перфузионной микроциркуляции в тканях учащихся «Московского гуманитарно-экономического университета», Чебоксарского филиала МО РФ по адресу ул. Гражданская, 85, г. Чебоксары ЧР, в течение 2025/2026 учебного года.

Средний возраст – $19,4 \pm 0,1$ года.

Скрининг и расшифровка лабораторных показателей гемодинамики значе- ний скорости кровотока (*расширенный профиль*) проводилась в соответствии с рекомендациями Центра спортивной медицины «ФМБА» России по следующим оценочным критериям:

- активность артериальной перфузии/диффузии;
- активность кардиореспираторной системы (КРС).

Детализация активности и скорости кровотока в капиллярном русле прово- дилась по следующим оценочным критериям:

- линейная объемная скорость кровотока в тканях;
- фракционный резерв кровотока (ФРК).

Методы:

- флоуметрия (ЛДФ) зондирования ткани;
- перфузионная компьютерная томография/биомикроскопия;
- лазерная радиометрия волновой активности/проницаемости.

Оценка риска развития нарушений энергетических процессов проводилась с использованием международной шкалы SCORE (*Systematic Coronary Risk Evaluation*).

Декомпенсированное тканевое кровообращение капиллярного кровотока верифицировали:

- показателем гипоксического стимула сатурации/оксигенации (SpO_2);
- пиковым значением потребления кислорода (МПК или $peakVO_2$);
- интерпретацией показателя ацидоза, кислотно-щелочного баланса (pH).

Функциональная оценка вариабельности перфузионной активности микро- циркуляции, тонуса и объема снижения периферической сосудистой вазокон- стрикции при соревновательной нагрузке проводилась по значению перфузи- онного индекса ($PI\%$) методом компьютерной пульсоксиметрии с использова- нием аппаратов (*Biolight M70B* и *B.Well MED-320*).

Математическая проверка полученных результатов проводилась по значе- нию «*t-критерий Стьюдента*» в модификации *Б.Л. Уэлча*.

Корреляционный анализ полученных результатов транскапиллярной перфузии гемодинамики проводился методом корреляционно-регрессионного анализа отклонений индивидуальных значений (*непараметрический метод статистики Лемана-Розенблатта*).

Таблица 1

Интегральная оценка обменных процессов гемодинамики методом нагрузочного тестирования (Ramp/тест) в популяции студентов «РАНХ иГС» в 2025/2026 уч. году (в рекомендации Исследовательского центра кардиологии им. академика Е.И. Чазова МЗ РФ)

Показатель активности гемодинамики	Время оценки регистрация микроциркуляции перфузионного индекса (PI)			
	PI 3- ≤ 4 %	PI 4-5 %	PI ≥ 5%	
Индекс эффективности кровообращения (ИЭК)	0,8 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,9 ± 0,1	
La max (ммоль/л/кг) в капиллярной крови	6,3 ± 0,1	5,1 ± 0,1	4,4 ± 0,1	
Респираторный индекс (PaO ₂ /FiO ₂)	294,5 ± 0,3	286,2±0,1	298,1 ± 0,6	
Дыхательный коэффициент (pik/mah V)	69,6 ± 0,5	70,8 ± 0,5	73,6 ± 0,5	
Кислородный пульс (O ₂ sis)	юноши	16,21 ± 0,01	17,81 ± 0,01	16,31 ± 0,01
	девушки	16,71 ± 0,01	17,91 ± 0,01	16,01 ± 0,01
Вентиляционный эквивалент по CO ₂ (МЛ/мин)	юноши	2,5 ± 0,3	2,2±0,1	2,1 ± 0,6
	девушки	2,5 ± 0,6	2,3 ± 0,3	2,4 ± 0,1
ПАНО (%), от МПК, по методу V-slope	0,88 ± 0,1	0,84 ± 0,1	0,86 ± 0,1	
МПК VO ₂ (л/мин/кг)	3,9 ± 0,1	4,1 ± 0,2	3,8 ± 0,4	
Sat O ₂ (%)	97,9 ± 0,3	98,1 ± 0,4	96,2 ± 0,1	

Примечание. PaO₂/FiO₂ и Sat O₂ (%) (мл/кг) – интегральный маркер диффузии капиллярного русла при оздоровительной физической нагрузке (ОФН).

Резюме.

Корреляционное значение показателя анаэробного порога (ПАНО/lactic acid) отражает характер дисфункции элиминации продуктов распада и снижение окислительного процесса при физической нагрузке (см. табл. 1).

Перфузионный дисбаланс значений показателя эффективности кровообращения перфузионного индекса (ИЭК), формирующий сосудистую вазоконстрикцию капиллярного русла (см. табл. 1):

– $0,8 \pm 0,1$ (29,5%);

– $0,7 \pm 0,1$ (31,2%);

– $0,9 \pm 0,6$ (39,3%).

Оценка показателя гликолиза микроциркуляции кровотока и колебаний концентрации показателя (АнП) гликолитических процессов в группах находится ниже физиологической нормы: $5,6 \pm 0,1$; $5,8 \pm 0,1$ и $5,1 \pm 0,1$.

Кардиологический маркер детализации микроциркуляции тканевой перфузии в капиллярном русле коррелирует по критерию экстракции (утилизации) транспорта кислорода (O_2 л/мин/кг), обеспечивающей гомеостаз в циркуляции транкапиллярного русла, характеризуется снижением функций проницаемости клеточной мембраны в стенках капиллярного русла.

Верификация активности капиллярного русла гемодинамики позволяет интерпретировать результаты, что обусловлено низкой информативностью, и верифицирует профилактическую диагностику в студенческой популяции студентов, занимающихся оздоровительной физической нагрузкой (ОФН).

Колебания значений перфузии/диффузии методом функциональной нагрузочной пробы объясняются транзитной неоднородностью тканевой гипоксии, транзиторным «нарушением/снижением» активности кровотока.

Наблюдаемая кардиологическая мозаика выраженности состояния эндотелиальной функции активности кровотока объясняется изменением проницаемости микрососудов, в то время как центральные регулятивные механизмы интерстиция отражают достаточно стабильный уровень функций фильтрации и реабсорбции тканевого диффузионного равновесия.

Кардиологическая мозаика функции эндотелиальной проницаемости кровеносных сосудов и пульсирующего объема кровотока в периферических тканях объясняется нарушением модуляции тканевой микроциркуляции в тканях и угнетением механизмов декомпенсированного кровотока.

Список литературы

1. Российский кардиологический журнал. – 2017. – №4(144). – С. 44–48.
2. Винокур Т.Ю. Верификация артериальной активности гемодинамики учащейся молодежи с различным статусом нагрузки / Т.Ю. Винокур // Материалы научно-практической конференции с международным участием. – Чебоксары: Среда, 2026. EDN WAXBEI