Хабарова Ольга Юрьевна
канд. мед. наук, старший преподаватель
ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова»
г. Санкт- Петербург
Винокур Татьяна Юрьевна
канд. мед. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»
г. Чебоксары, Чувашская Республика
Эрюков Вячеслав Валерьевич
канд. пед. наук, доцент
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический
университет «МИСиС»
г. Москва

МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ АНАЛИЗ ЗНАЧЕНИЙ ГЕМОДИНАМИКИ ПО КОРИДОРУ ПУЛЬСОВОЙ АКТИВНОСТИ В СТУДЕНЧЕСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ МЕТОДОМ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАГРУЗОЧНОЙ ПРОБЫ

Аннотация: *стандартизация оценки транскапиллярной перфузии и диффузии при максимальных нагрузках, а также унификация критерия проницаемости капиллярного русла, позволяют визуализировать гетерогенность значений вариабельности артериальной активности (ЧСС уд/мин) с различным коридором соревновательной нагрузки (СН).*

Отсутствие оценочного критерия значений пульсовой артериальной активности гемодинамики, снижает визуализацию морфофункциональных функциональных сдвигов в процессе соревновательной нагрузке.

Для разработки и создания инструментов контроля на функциональную пробу, необходимо верифицировать механизм кардиологического контроля, обеспечивающий регулирование и планирование соревновательной нагрузки на

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

«истощение», методом нагрузочного тестирования, для снижения фактора риска (ФР) развития сердечно-сосудистой дисфункции по значению базовых показателей гемодинамики (ЧССуд/мин; AD sis/dias).

Ключевые слова: *тканевая перфузия, капилляроскопия, вазомоторная дисфункция, вазодилатация, вазоконстрикция, микроциркуляция, витальная биомикроскопия, перфузионный индекс.*

Введение. Валидация значений регулятивной функции метаболической процессов в капиллярном русле микродинамики при соревновательной нагрузке ассоциируется с активностью метаболических процессов и снижением регулятивной адаптации. Валидация процессов артериальной активности и взаимодействия транзиторной функции кислорода крови в единицу времени проводилось методом пульсоксиметрии.

Однако отсутствие единых нормативов и критериев качественной оценки функционирования кровотока на уровне микроциркуляторного русла, а также структурно-функционального состояния магистральных сосудов, приводит к снижению диагностической ценности исследований. Комплексный скрининг биохимических и гемодинамических показателей методом витальной биомикроскопии позволяет стандартизировать оценку функций транскапиллярной активности процессов перфузии/диффузии и интерстициального тканевого обмена.

Цель. Детализация интенсивности периферического кровотока как оценочный маркер референсных значений индекса перфузии в тканях, проводилась, по значения индекса перфузии (PI %).

Методы. Оценка и валидация вариабельности кардиореспираторной системы проводилась методом ступенчатого нагрузочного тестирования (Ramp-тест) в рекомендации Центра спортивной медицины ФМБА России и НМИЦ кардиологии им. акад. Е. И. Чазова, на образовательной площадке УСК ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» в течение 2025/2026 учебном году.

Средний возраст составил-18,9±0,1 года, в количестве:

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

– 34 студента.

Скрининг и расшифровка лабораторных и инструментальных показателей гемодинамики проводились в соответствии с рекомендациями Центра спортивной медицины ФМБА России.

Цель исследования: оценить фракционный резерв объема капиллярного кровотока, по критерию индекса эффективности кровообращения (ИЭК), как оценочный показатель транзитарной функции перфузионных потребностей тканей кислородом и активности капиллярного русла при соревновательной нагрузке (СН) с различным коридором пульсовой активности (Sat O2) методом пульсоксиметрии.

Верификационный скрининг дисбаланса регулятивной функции биохимических процессов, проводился по скорости ферментативной реакции, по приоритетным критериям:

– активность артериальной перфузии и диффузии.

– индекс эффективности кровообращения (ИЭК);

– кислородный пульс (O2 pulse = VO2/ЧСС);

– вентиляционный эквивалент по CO2 (VE/VCO2);

– анаэробный порог (ПАНО) методом V-slope;

– максимальное потребление кислорода (VO2 max);

– респираторный индекс (PaO2/FiO2).

Оценка значений вариабельности метаболизма сердечно-сосудистой системы проводилась по классической оценочной шкале SCORE2-OP, с учетом различий пульсовой активности в группах.

Декомпенсация тканевого кровообращения верифицировали по показателям сатурации (SpO2) и нарушение кислотно-щелочного баланса показателя ацидоза (*La max)* проводилось с использованием t-критерия Стьюдента в модификации Крамера- Уэлча.

Корреляционный анализ транскапиллярной перфузии выполнен методом ранговой корреляции Спирмена (непараметрическая статистика).

Таблица 1

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Интегральные показатели артериальной активности гемодинамики методом функционального нагрузочного теста (Ramp-тест), студентов НИТУ ВО «МИСиС» в 2025/2026 уч. году (в модификации шкалы Risk Score 2- OP)

Показатель гемодинамики	*«синусовая брадикардия»* N-11 (33,2%)	*«кардильный» тип* N-12 (33,6%)	*«синусовая тахикардия»* N-11 (33,2%)
Индекс перфузии (PI%)	2,8 ± 0,1	2,4 ± 0,1	3,4 ± 0,1
Sp O2 (%)	≤ 96,9 ± 0,3	≤ 98,9 ± 0,4	≤ 95,2 ± 0,1
Индекс эффективности кровообращения (ИЭК)* усл. ед.	0,8 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,9 ± 0,1
ПАНО (%), от МПК, по методу V- slope	0,91± 0,1	0,71± 0,1	0,88± 0,1
Вентиляционный эквивалент по CO2 (VE/VCO2)	31,8 ± 0,4	28,5 ± 0,4	29,8 ± 0,4
Кислородный пульс O2 pulse, мл/уд.	16,2 ± 0,8	17,9 ± 1,0	16,0 ± 0,8
PaO2/FiO2(усл/ед)	420,1 ± 2,4	438,8 ± 7,4	459,01±0,11
Время восстановления AD (sis/dias) сек	181,12±0,09	171,03±0,09	194,11±0,09
Метод D – mah ЧСС, уд/мин (RAMP тест)	148,01±0,07	152,01±0,67	149,01±0,11
La max (ммоль/л)	≥4,3±0,1	≥3,8±0,1	32,7±0,1
МПК VO2 (л/кг)	3,84 ± 0,5	4,01 ± 0,2	4,09 ± 0,4
Пиковое значение VO2 max(%)	6,4 ± 0,2	6,1 ± 0,4	6,2 ± 0,1

Примечание. Индекс эффективности кровообращения (ИЭК) – оценочная интерпретация показателя «устойчивости» функционирования сердечно-сосудистой и эффективности кровообращения при соревновательной нагрузке(СН).

Дизайн исследования.

Процесс нормализации артериального давления (AD sis/dias) по результату функциональной нагрузочной пробы (*Ramp-тест*) в группе «Синусовая брадикардия» и «Синусовая тахикардия», превышает значение коридора «физиологической» нормы, что составило соответственно – 181,12±0,09; 194,11±0,09, это

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

отражает снижение лабильности сосудистого тонуса, формирующего устойчивость к адаптации при физической нагрузке (ФН), см. табл. 1.

Время восстановления артериальной активности в группах составило:

– «синусовая» брадикардия -181,12±0,09 сек (33,2%);

– «кардильный» тип – 171,03±0,09 сек (33,6%);

«синусовая тахикардия» – 194,11±0,09 сек (33,2%)

Вариабельность артериальной активности кровообращения, «кардильного» типа, процесс восстановления гемодинамики составил – 171,±01 сек, что соответствует показателю «физиологическая норма».

Риск формирования сердечно-сосудистых заболеваний ССЗ (по шкале SCORE) в контрольных группах как индекс риска в контрольных группах варьируется. Наивысшие значения риска отклонений/снижения пульсовой нормы, наблюдается в группе «синусовая брадикардия» и «синусовая тахикардия», что верифицирует дисфункцию нарушений функционирования сердечно-сосудистой системы в студенческой популяции под воздействием соревновательной нагрузки (СН) на организм

Детализация показателя значений вариабельности сердечного ритма и пограничные колебания сатурации кислорода (SatO2), служат интегральным маркерам оценки регуляторный систем сердечно-сосудистой, и необходимы для снижения фактора риска (ФР) развития сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ).

Практические рекомендации.

Включить оценку перфузионного индекса (PI%) методом компьютерной пульсоксиметрии в протоколы обязательного углубленного медицинского обследования (УМО) организма детей и подростков, занимающихся соревновательной нагрузкой (СН). Это необходимо для верификации базовых значений центральной гемодинамики и своевременного выявления нарушений функций энергетических процессов окислительного характера, снижающий работоспособность организма.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Таким образом, анализ полученных результатов пульсового коридора артериальной активности, методом функциональной нагрузочной пробы (АД sis/dias+ЭКГ + Ramp-тест), позволяет сделать следующие выводы:

– высокая точность измерения клинических нарушений сердечно-сосудистой системы позволяет верифицировать дисфункцию миокарда;

– индивидуальные значения транскапиллярной динамики пульсовой активности, являются кардиологическим маркером для валидации функций сердечно-сосудистой системы, и анализа индивидуальных нарушений, при проведении функциональной нагрузочной пробы (Ramp-тест).

Список литературы

1. Сосудистая дистония детей и подростков : учебно-методическое пособие. – Минск, 2022. – С. 44–46.

2. Особенности суточной вариабельности синусового ритма у больных идиопатической легочной гипертензией различной степени тяжести / А. В. Соболев, Е. Ш. Кожемякина, Н. Х. Курбонбекова [и др.] // Кардиологический вестник. – 2022. – Т. 17, № 1. – С. 58-66. – DOI 10.17116/Cardiobulletin20221701158. – EDN MHVZND.

3. Шарыкин, А. С. Спортивная кардиология: руководство для врачей функциональной диагностики и спортивной медицины тренеров / А. С. Шарыкин, В. А. Бадтиева, В. И. Павлов. – Москва : ИКАР, 2025. – 323 с.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)