

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНО-ТКАНЕВОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА КОСМОНАВТОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПЕРЕГРУЗОК НА ЦЕНТРИФУГЕ

Янушин В.С. (ОГУ им. И.С. Тургенева), **Локтионова Ю.И.** (ОГУ им. И.С. Тургенева),
Жарких Е.В. (ОГУ им. И.С. Тургенева), **Киреев К.С.**

(НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина, ОГУ им. И.С. Тургенева),

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Дунаев А.В.
(ОГУ им. И.С. Тургенева)

Введение. Факторы космического полета оказывают существенное влияние как на отдельные органы и системы, так и на общую работу организма человека в целом. Основной системой, наиболее подверженной изменениям во время космического полета ввиду перераспределения жидкости в условиях невесомости, является сердечно-сосудистая система, а именно её структурно-функциональное звено – микроциркуляторно-тканевая система (МТС) организма человека, процессы перестройки в которой происходят в течение всего космического полета [1]. МТС обеспечивают единство кровоснабжения, иннервации, метаболизма, поддержания гомеостаза органов и тканей, их морфологическую устойчивость к конкретным условиям [2]. В связи с чем целью данной работы явилась оценка реакции системы микроциркуляции крови и окислительного метаболизма биотканей при воздействии перегрузок на организм космонавтов.

Основная часть. Данное исследование выполнено на базе Центра подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина. Оценка параметров МТС осуществлялась с помощью распределенной системы портативных мультимодальных анализаторов микроциркуляции крови и окислительного метаболизма биотканей «ЛАЗМА ПФ» (НПП «ЛАЗМА», г. Москва), реализующих методы лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) и флуоресцентной спектроскопии (ФС) [2]. Метод ЛДФ основан на зондировании тканей когерентным лазерным излучением в ближнем инфракрасном диапазоне и анализе отражённого от биологических структур, в том числе форменных элементов крови (эритроцитов), излучения [3]. ЛДФ позволяет оценивать работу механизмов регуляции периферического кровотока, каждый из которых формирует колебания микрососудов в определённом частотном диапазоне. К активным механизмам регуляции микроциркуляторного русла относятся эндотелиальный (0,0095-0,021 Гц), обусловленный продуцированием клетками эндотелия вазодилатирующего соединения – оксида азота NO, нейрогенный (0,021-0,052 Гц), который формируется в результате симпатического адренергического влияния на гладкомышечные стенки артериол, и миогенный вазомоторный (0,052-0,145 Гц), связанный с мышечным тонусом прекапиллярных сфинктеров, регулирующих эффективную составляющую перфузии [2]. Пассивными механизмами являются дыхательный (0,145-0,6 Гц), формируемый динамикой давления венозного отдела ввиду механической активности грудной клетки, и сердечный (0,6–2 Гц), связанный с изменением скорости движения эритроцитов в систолической и диастолической фазах работы сердца. Для регистрации параметров окислительного метаболизма используется метод ФС, основанный на облучении биоткани оптическим излучением с длиной волны в УФ с последующей записью спектров автофлуоресценции эндогенных и экзогенных флуорофоров биологической ткани.

Регистрация параметров МТС происходила до, во время и после воздействия перегрузок при вращениях на центрифуге длинного радиуса ЦФ-18. Воздействие перегрузок осуществлялось в двух режимах:

- вращение с перегрузкой в направлении «голова-таз» 3 и 5 g. Продольная ось туловища испытуемого в кресле-центрифуге расположена под углом 15-25° к направлению действия результирующего вектора перегрузки.

- вращение с перегрузкой в направлении «грудь-спина» 4 и 8 g. Продольная ось туловища расположена под углом 78-80° к направлению результирующего вектора перегрузки, при этом колени находятся на уровне глаз.

В качестве областей исследования выбраны симметричные точки в области головы (виски при вращениях с перегрузками 3 g и 5 g, лоб при вращениях с перегрузками 4 g и 8 g) и внутренняя поверхность верхних третей голени. В качестве испытуемых выступили действующие космонавты отряда космонавтов Роскосмоса.

Анализ полученных данных показал, что во время воздействия перегрузок от 3g до 8g происходит снижение микроциркуляции крови как в области головы, так и в области нижних конечностей, то есть наблюдается повышение периферического сосудистого сопротивления (централизация кровообращения). В периоде восстановления после перегрузок наблюдается увеличение как общей тканевой перфузии, так и ее нутритивной составляющей, происходит усиление притока крови в микроциркуляторное русло (децентрализация кровообращения), что сопровождается микрососудистой дилатацией. Рост амплитуды нормированной флуоресценции НАДН в области висков после нагрузок 3 g и 5 g свидетельствует о накоплении кофермента, после нагрузки 8 g наоборот – происходит активация метаболических процессов. Полученные результаты подтверждаются аналогичными изменениями при вращениях добровольцев на центрифуге короткого радиуса с перегрузками 0,53-2,06 g [4].

Выводы. Данное исследование показало высокий потенциал применения носимых мультимодальных анализаторов для исследования параметров МТС организма космонавтов во время предполетной подготовки, что может способствовать повышению эффективности и безопасности её проведения.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 25-25-00546.

Список использованных источников:

1. Дунаев А.В., Локтионова Ю.И., Жарких Е.В. и др. Исследование микроциркуляции крови в условиях невесомости с помощью портативных лазерных доплеровских флоуметров // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2024. – Т.58. – №1. – С.47-54.
2. Крупаткин А.И. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: Колебания, информация, нелинейность. Руководство для врачей. Изд. 2-е. / А.И. Крупаткин, В.В. Сидоров – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 496 с.
3. Дунаев А.В. Мультимодальная оптическая диагностика микроциркуляторно-тканевых систем организма человека / А.В. Дунаев. – Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2022. – 440 с.
4. Пашкова Д.В., Попова Ю.А., Сальников А.В., Глебова Т.М., Колотева М.И. Функциональное состояние микроциркуляторного русла в различных регионах кожи у здорового человека в серии вращений на центрифуге короткого радиуса // Технологии живых систем. – 2024. – Т. 21. – № 4. – С.16-26.