

УДК 612.766.1

ОСОБЕННОСТИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ В КОЖЕ У СПОРТСМЕНОВ В УСЛОВИЯХ ВЕСТИБУЛЯРНЫХ РАЗДРАЖЕНИЙ

Кровяков В.Ф., Савина К.Д., Сышко Д.В.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: syshko@list.ru*

Проведен сравнительный анализ функционального состояния регуляторных систем микроциркуляции в коже у спортсменок специализирующихся в беговых видах легкой атлетики до и после вестибулярных раздражений. Показано, что вестибулярное раздражение вызывает изменения процессов микроциркуляции в коже, что проявляется в изменении некоторых амплитудных характеристик частотного спектра колебаний кожного кровотока.

Ключевые слова: спортсмены, микроциркуляция в коже, ЛДФ-метрия, вестибулярное раздражение.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение вестибулярной функции человека всегда представляло интерес для науки и практики, так как вестибулярный анализатор постоянно включен в систему адаптации к внешней среде в связи с постоянно действующей силой притяжения Земли. Гравитационные взаимодействия определяют формирование основных компонентов двигательного анализатора, в определенной степени лимитировали развитие сердечно - сосудистой, дыхательной, выделительной и других систем организма, обслуживающих двигательный аппарат человека [1–3]. Поэтому при любом движении, воспринимаемом либо пассивно, либо активно, вестибулярный анализатор вступает в активное взаимодействие со всеми системами организма, вызывая вестибулярные реакции [4]. Накоплен достаточный материал по вестибуловегетативным, вестибулосоматическим, глаздвигательным (нистагмометрическим) и другим реакциям [5]. Созданы методики, позволяющие оценить вестибулярную устойчивость по показателям сердечно-сосудистой системы, системы дыхания, ориентировки в пространстве, силы [2]. Однако, несмотря на большое количество исследований, особенно посвященным вестибуловегетативным реакциям, совершенно не изученным остаётся реактивность кровеносных сосудов кожи на вестибулярное раздражение. Научный интерес к этому вопросу связан, еще и с тем, что современные способы регистрации и обработки параметров кожного кровотока даёт возможность определить роль различных механизмов в регуляции тканевой гемодинамики [6]. Изменения в системе микроциркуляции крови коррелируют со сдвигами в центральной гемодинамики, что позволяет использовать показатели микроциркуляции в качестве критериев в общей оценке вестибуловегетативной устойчивости, также роли местных и общих реакций кровообращения в условиях угрозы потери равновесия. Особенно это важно в

спортивной деятельности, где важна гемодинамическая «цена» пространственной ориентировки.

Цель работы. Изучить особенности процессов микроциркуляции в коже у спортсменов при вестибулярных раздражениях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 10 высококвалифицированных спортсменов женского пола занимающихся легкой атлетикой (бег на средние и длинные дистанции). Возраст спортсменок составлял 18-23 года. Квалификация спортсменок от 1 разряда до мастера спорта международного класса. Фаза месячного цикла не учитывалась. Для регистрации показателей микроциркуляции в коже, до и после вестибулярных раздражений, использовали метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), основанный на оптическом зондировании тканей монохроматическим излучением и анализе частотного спектра, отраженного от движущихся эритроцитов сигнала. ЛДФ осуществляли лазерным анализатором микрокровотока «ЛАКК-02» во втором исполнении (НПП «Лазма», Россия). В качестве вестибулярных раздражений применяли вращения в кресле Барани, по методу Воячека (10 оборотов за 20 секунд, голова под углом 30° вниз с закрытыми глазами). Исследование проводили в дневное время суток, испытуемые во время исследования находились в положении сидя. Головка оптического зонда (датчика) фиксировалась на наружной поверхности левого предплечья на 4 см выше шиловидных отростков. По мнению некоторых авторов [7, 8], указанная зона является зоной Захарьина-Геда сердца, бедна артерио-венулярными анастомозами, поэтому в большей степени отражает кровоток в нутритивном русле и в меньшей степени подвержена влияниям внешней среды, и в связи с этим применяется для исследований микроциркуляции.

Показатели тканевого кровотока оценивали до и после вестибулярных раздражений. Расчёт показателей базального кровотока проводился в два этапа. На первом этапе оценивали следующие показатели:

M (перф.ед.) – показатель микроциркуляции, характеризующий общую (капиллярную и внекапиллярную) усредненную стационарную перфузию микрососудов за время исследования;

СКО (σ , перф.ед.) – среднее квадратичное отклонение амплитуды колебаний кровотока во всех частотных диапазонах от среднего M , отражающее вариабельность тканевого кровотока;

K_v (%) – коэффициент вариации, который вычисляли по формуле:
 $K_v = \text{СКО} / M \cdot 100\%$.

Расчет показателей M , СКО и K_v даёт общую оценку процессам микроциркуляции крови.

На втором этапе проводился анализ функционирования механизмов микроциркуляции, который был получен при обработке ЛДФ - грамм кровотока при исследовании ритмических компонентов колебаний перфузии. Амплитудный анализ частотного спектра колебаний кожного кровотока производился на основе использования математического аппарата Фурье-преобразования и специальной

компьютерной программы цифровой фильтрации регистрируемого ЛДФ-сигнала. Анализировались следующие характеристики. Среди звеньев регуляции выделяют «пассивные» и «активные» факторы, которые в полосе частот от 0,0095 до 2 Гц формируют ряд частотных диапазонов: 0,0095–0,02 Гц – диапазон эндотелиальной активности (VLF), 0,02–0,2 Гц – диапазон нейрогенной (симпатической адренергической) и миогенной (гладкомышечной) активности, 0,2–0,6 Гц – диапазон респираторного или дыхательного ритма (HF), 0,6–1,6 Гц диапазон кардиального или пульсового ритма (CF). Регистрируемый в ЛДФ-грамме колебательный процесс является результатом наложения колебаний, обусловленных одновременным функционированием «активных» и «пассивных» факторов [8]. Определялся вклад каждой компоненты амплитудно-частотных характеристик колебаний кожного кровотока. Статистическая обработка материала проводилась путем вычисления среднего значения (\bar{x}), и ошибки средней арифметической ($S\bar{x}$). Оценка достоверности различий проводилась с использованием t-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведённые исследования показали, что показатель перфузии М в покое, до вестибулярных раздражений, колебался в пределах от 2,61 до 5,23 перф.ед и составил в среднем $3,53 \pm 0,61$ перф.ед. (табл.1). В современной научной литературе указывается, что величина параметра перфузии М зависит от концентрации эритроцитов и скорости их движения, а также от индивидуально-типологических особенностей состояния микроциркуляции [6–8].

Таблица 1

Показатели микроциркуляции в коже у спортсменов до и после вестибулярных раздражений

| Спортсменки | До вестибулярных раздражений | | | После вестибулярных раздражений | | |
|-------------|------------------------------|-------------|--------------|---------------------------------|-------------|--------------|
| | М | δ | K_v | М | δ | K_v |
| С-ко | 3,24 | 0,54 | 16,77 | 3,71 | 0,48 | 12,86 |
| Б-рь | 2,61 | 0,82 | 31,53 | 1,81 | 0,66 | 36,46 |
| Бл-рь | 2,79 | 0,46 | 16,36 | 2,43 | 0,69 | 28,28 |
| Д-ва | 5,23 | 0,68 | 12,98 | 4,49 | 0,42 | 8,43 |
| Ш-ва | 3,64 | 0,71 | 19,54 | 3,09 | 0,49 | 15,71 |
| Ш-ко | 3,75 | 0,58 | 15,42 | 3,07 | 0,82 | 26,71 |
| С-на | 4,99 | 0,56 | 11,32 | 4,03 | 0,61 | 14,86 |
| К-ва | 2,22 | 0,58 | 26,01 | 2,28 | 0,48 | 20,91 |
| К-ва | 3,58 | 0,56 | 15,62 | 3,07 | 0,38 | 12,23 |
| С-ко | 3,27 | 0,64 | 19,14 | 2,56 | 0,58 | 22,72 |
| \bar{x} | 3,53 | 0,61 | 18,47 | 3,05 | 0,56 | 20,01 |
| $S\bar{x}$ | 0,34 | 0,04 | 2,30 | 0,30 | 0,05 | 3,19 |

Так, в исследованиях Чуюн Е.Н. с соавторами, при измерении уровня перфузии у женщин, не занимающихся спортом, получены три типа микроциркуляции в коже: аperiодический, монотонный с низкой перфузией и монотонный с высокой перфузией. Полученные типы определялись величиной перфузии, уровнем флакса и значением K_v (табл.2). Необходимо отметить, что приоритетными в определении типа микроциркуляции были величины флакса и особенно K_v . Отмечались достоверные различия по показателю K_v между испытуемыми-спортсменками и испытуемыми-неспортсменками с монотонными типами ЛДФ-грамм (табл. 2).

Таблица 2
Показатели микроциркуляции в коже у женщин не занимающихся спортом (по Чуюн Е.Н., с соавт.) и высококвалифицированных легкоатлеток

| Типы микроциркуляции (n=50) | Показатели микроциркуляции | | |
|---|---|---|--|
| | Перфузия М, перф.ед. | Флакс δ , перф.ед. | Коэффициент вариации K_v , % |
| Аperiодический тип , (n=13) женщины, не занимающиеся спортом | 6,28±0,52 | 0,97±0,09 | 16,55±3,09 |
| (n=10) высококвалифицированные легкоатлетки | 3,53±0,61 p1≤0,01; p2≤0,01; p3≤0,01 | 0,61±0,04 p1≤0,01; p2≤0,05 | 18,47±2,30 p2≤0,01; p3≤0,01 |
| Монотонный тип с низкой перфузией (n=14) женщины, не занимающиеся спортом | 6,53±0,28 | 0,23±0,03 | 3,5±0,38 |
| Монотонный тип с высокой перфузией (n=13) женщины, не занимающиеся спортом | 18,69±0,83 | 0,53±0,04 | 3,53±0,34 |

Примечания: p1 - достоверность отличий по отношению к женщинам не занимающихся спортом монотонного типа с высокой перфузией; p2 - достоверность отличий по отношению к женщинам не занимающихся спортом монотонного типа с низкой перфузией; p3 - достоверность отличий по отношению к женщинам не занимающихся спортом монотонного типа с высокой перфузией.

Вместе с тем, отсутствие достоверных различий у спортсменок с испытуемыми-неспортсменками, у которых регистрировался аperiодический тип ЛДФ-грамм, (а соответственно, наиболее близкие численные значения по показателю K_v) позволяют сделать вывод о том, что у высококвалифицированных легкоатлеток тип ЛДФ-грамм наиболее соответствует аperiодическому. Это дало нам возможность отнести высококвалифицированных легкоатлеток к лицам с аperiодическим типом ЛДФ-граммы, так как величина коэффициента вариации соответствовала 18,47±2,30%. Интересно отметить, что в покое величина перфузии кожного

кровотока у спортсменок была достоверно ниже, чем у женщин, не занимающихся спортом. Обнаруженное нами явление более низкой перфузии кожного кровотока у спортсменок вписывается в положения классической спортивной физиологии об экономичности многих физиологических функций в покое у спортсменок [10]. Таким образом, для кожного кровотока у женщин занимающихся бегом на средние и длинные дистанции характерна низкая перфузия и высокая вариабельность показателей кровенаполнения, что вероятно связано с участием как центральных, так и региональных, и локальных механизмов регуляции кровотока.

После вестибулярных раздражений показатель перфузии M кожного кровотока у спортсменок достоверно не изменился (табл. 1), что связано с процессами вестибуловегетативной устойчивости не смотря на «угрозу» потери равновесия. Получено, что также не изменился достоверно коэффициент вариации K_v . Это свидетельствует о стабильности различных механизмов регуляции величины перфузии в условиях вестибулярного раздражения. Представляет научный интерес роль каждого звена механизмов, принимающих участие в модуляции микрокровотока. Обработка ЛДФ - грамм кровотока при исследовании ритмических компонентов колебаний перфузии крови и анализ амплитудно-частотного спектра отраженного сигнала позволило нам определить механизмы регуляции кровотока в коже. Известно, что для женщин с аperiодическим типом ЛДФ-грамм самый существенный вклад в общую мощность спектра вносит VLF-компонент [6], обусловленный функционированием эндотелия, а именно выбросом вазодилатора NO. На сегодняшний день существуют данные о связи экспрессии гена eNOS (ген эндотелиальной NO-синтазы) и способностью выполнять, тяжелую физическую работу [11, 12]. Это и определяет важность изучения вазодилаторного звена регуляции кровотока, как генетически детерминированного, что важно для вопросов отбора и ориентации тренировочного процесса спортсменок

Также весомым вкладом в общую мощность спектра является LF-компонента, обусловленного миогенной активностью вазомоторов и нейрогенными симпатoadренергическими влияниями на миоциты артериол и артериолярных участков артериовенулярных анастомозов (рис. 1).

Вклад HF и CF компонентов в общую мощность спектра менее весом.

Анализ спектра основных ритмов ЛДФ-грамм аperiодического типа у спортсменок показал существенный вклад VLF-компоненты, который составил 53,6%, что свидетельствует о значительной модуляции потока крови со стороны эндотелиального функционирования. Вклад вазомоторных колебаний в регуляции кожного кровотока у спортсменок составил 28,2%, высокочастотные дыхательные и пульсовые колебания у спортсменок занимали значительно меньшую долю в общем спектре и составили 9,8% и 8,3% соответственно.

Анализ полученных данных о структуре осцилляций кожного кровотока после вестибулярных раздражений у спортсменок свидетельствует о том, что эндотелиальные, вазомоторные и пульсовые ритмы практически не изменялись, в то же время отмечалось увеличение вклада дыхательного компонента с 9,8% до 11,4%, что обусловлено изменением динамики венозного давления при легочной механической активности, присасывающим действием «дыхательного насоса».

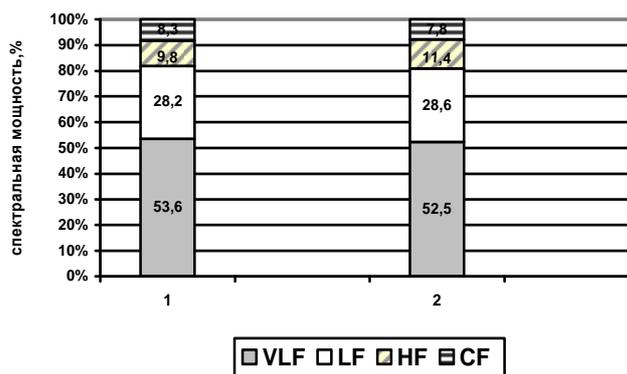


Рис.1. Вклад в общую мощность спектра основных гемодинамических ритмов у спортсменок с аперiodическим типом ЛДФ-граммы (1 – в покое, 2 – после вестибулярных раздражений)

Таким образом, выявлены особенности кожного кровотока спортсменок в покое, а также особенности реакции микроциркуляторного русла при вестибулярных раздражениях заключающиеся в снижении перфузии и модуляции спектра осцилляций кожного кровотока.

ВЫВОДЫ

1. На основе сравнительного анализа коэффициента вариации (высокие значения коэффициента вариации – 18,47%) у легкоатлеток тип ЛДФ-грамм наиболее соответствует аперiodическому, что связано с преобладанием активных факторов модуляции кровотока.
2. Выявлены низкие значения уровня перфузии (3,53 перф.ед.) у высококвалифицированных спортсменок, специализирующихся в беге на средние и длинные дистанции, что свидетельствуют об экономизации физиологических процессов.
3. Обнаружены достоверные отличия параметров кожного кровотока спортсменок: при $p \leq 0,01$ по отношению к женщинам не занимающихся спортом монотонного типа с низкой перфузией; при $p \leq 0,05$ по отношению к женщинам не занимающихся спортом монотонного типа с высокой перфузией.
4. Выявлены особенности механизмов регуляции кожного кровотока у спортсменок, заключающиеся в значительном преобладании эндотелиальных (53,8%) и вазомоторных (28%) ритмов на фоне сниженного вклада веноулярных (9,8%) и пульсовых (8,3%).
5. Определено, что после вестибулярных раздражения у спортсменок происходит модификация спектра осцилляций кровотока за счёт увеличения вклада веноулярного звена (с 9,8% до 11,4%). Полученные данные свидетельствует вестибуловегетативной устойчивости спортсменок в связи с «угрозой» потери равновесия, что позволяет разработать нормативные показатели для проведения диагностики тканевого кровотока при постуральных пробах.

Список литературы

1. Болобан В. Контроль устойчивости равновесия тела спортсмена методом стабиллографии / Виктор Болобан, Татьяна Мистулова // Физическое воспитание студентов творческих специальностей / ХГАДИ (ХХПИ) – Харьков, 2003. – №2. – С. 24–33.
2. Bretz K. Postural control and movement coordination skill / K. Bretz, R. Kaske // Second World Congress of Biomechanics. Amsterdam – 1994. – P. 99.
3. Кашуба В.А. К вопросу о влиянии гравитационных взаимодействий на формирование геометрии масс тела человека в онтогенезе / В.А. Кашуба // Физическое воспитание студентов творческих специальностей / ХХПИ. – Харьков, 2001. – № 1. – С. 26–30.
4. Хечинашвили С.Н. Вестибулярная функция / Хечинашвили С.Н. // Тбилисский институт усовершенствования врачей. – Тбилиси, 1953. – 331 с.
5. Бабияк В.И. Некоторые сведения о взаимодействии вестибулярного и зрительного анализаторов на уровне глазодвигательного аппарата / В.И. Бабияк // Профессиональный психофизиологический отбор военных специалистов: Сб. науч. трудов. – Л.: 1969. – С. 24–27.
6. Козлов В.И. Лазерная доплеровская флоуметрия и анализ коллективных процессов в системе микроциркуляции / В.И. Козлов, Л.В. Корси, В.Г. Соколов // Физиология человека. – 1998. – Т.24, №6. – С. 112.
7. Чуян Е.Н. Индивидуально-типологические особенности показателей микроциркуляции / Е.Н. Чуян, Н.С. Трибрат, М.Н. Ананченко // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – 2008. – Т. 21(60), № 3. – С. 190–203.
8. Метод лазерной доплеровской флоуметрии в кардиологии / В.В. Бранько, Э.А. Богданова, Л.С. Камшилина [и др.] // Пособие для врачей, М. – 1999 – 48 с.
9. Kvandal P. Regulation of human cutaneous circulation evaluated by laser Doppler flowmetry, iontophoresis, and spectral analysis: importance of nitric oxide and prostangladines / P. Kvandal, A. Stefanovska, M. Veber // Microvasc Res – 2003 – Vol. 65 – P. 160–171.
10. Wilmore J.H. Physiology of sport and exercise / J.H. Wilmore, D.L. Costill / Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2004. – 726 p.
11. Астратенкова И.В. Полиморфизм гена эндотелиальной по-синтазы и физическая активность. / И.В. Астратенкова // Генетические, психофизические и педагогические технологии подготовки спортсменов: сб. научных трудов СПб., 2006. – С. 62–83.
12. Tsukada T. Evidence of association of the eNOS gene polymorphism with plasma NO metabolite levels in humans. / T. Tsukada, K. Yokoyama, T. Arai [et al.] // Biochem. Biophys. Res. Commun. – 1998. – Vol.245, No 1. – P. 190–193.

Кровяков В.Ф. Особливості мікроциркуляції в шкірі у спортсменів в умовах вестибулярних роздратувань / В.Ф. Кровяков, К.Д. Савіна, Д.В. Сішко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 1. – С. 93-99.

Проведено порівняльний аналіз функційного стану регуляторних систем мікроциркуляції в шкірі у спортсменок що спеціалізуються в бігових видах легкої атлетики до і після вестибулярних роздратувань. Показане, що вестибулярне роздратування викликає зміни процесів тканинного кровообігу в шкірі, що виявляється в зміні деяких амплітудних характеристик частотного спектру коливань шкірного кровообігу.

Ключові слова: спортсмени, мікроциркуляція в шкірі, ЛДФ-метрія, вестибулярне роздратування.

Krovykov V.F. Features of microcirculation in skin at sportsmen in the conditions of vestibular irritations / V.F. Krovykov, K.D. Savina, D.V. Syshko // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 93-99.

The comparative analysis of the functional being of the regulator systems of microcirculation is conducted in a skin at the sportswomen of track-and-field (run on 800-5000m) before and after vestibular irritations. It is shown, that vestibular stimulation is causes of changes microcirculation processes in the skin, resulting in a change of some characteristics of the amplitude of oscillations by frequency spectrum of skin blood flow.

Keywords: sportsmen, microcirculation in a skin, method LDF, vestibular irritation.

Поступила в редакцію 19.04.2012 г.