

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ СПОРТСМЕНОВ ПРИ ИНТЕНСИВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВКАХ

Н.С. Шестопалова, И.А. Иванюра, А.С. Коробейников,
Т.С. Ермакова

Луганский национальный университет имени Тараса Шевченка

Введение

Современный спорт предъявляет серьезные требования к уровню подготовленности спортсменов, требует углубленного изучения состояния различных систем и резервных возможностей организма спортсмена. Известно, что направленность спортивной тренировки оказывает существенное влияние на все звенья сердечно - сосудистой системы, системную гемодинамику и состояние сосудистого русла. Процессы центральной гемодинамики хорошо изучены и освещены в научной литературе, в тоже время как исследования, касающиеся периферического кровообращения недостаточно широко представлены.

В результате многочисленных исследований последних десятилетий постепенно выясняется, что именно периферическое кровообращение обеспечивает основу нормальной жизнедеятельности отдельных органов и систем, полноценное функционирование их клеточных элементов. Так, были вскрыты общие закономерности строения микроциркуляторного русла [1, 2], выявлены видовые и органые различия структурных и функциональных параметров системы микроциркуляции [3], разрабатываются и апробируются методы оценки состояния микроциркуляции крови у человека. Особый интерес приобретают исследования, касающиеся состояния путей микроциркуляции при мышечной деятельности и физических нагрузках [4, 5].

Микроциркуляция представляет собой мельчайшую структурно-функциональную единицу системы кровообращения, где происходит взаимодействие между током крови и функционированием тканей, обеспечивающее осуществление различных клеточных функций. Состояние обмена веществ и функционирование органов непосредственно определяется адекватным состоянием микроциркуляции [3]. С другой стороны патологический процесс про-

текает с различными изменениями в микроциркуляторном русле. Изменения в системе микроциркуляции крови тесно коррелирует со сдвигами в центральной гемодинамике [1, 6], что позволяет использовать параметры микроциркуляции в качестве прогностических и диагностических критериев в оценке физического состояния и уровня здоровья обследуемых лиц. Говоря об актуальности изучения микроциркуляторного русла у человека, необходимо отметить и такой важный аспект этой проблемы, как изучение реактивности различных звеньев системы микроциркуляции у человека. Работ в этом направлении недостаточно для того, чтобы составить удовлетворительное представление о динамике состояния микроциркуляции у человека при различных функциональных состояниях организма в норме и в условиях патологии. Вместе с тем фундаментальные исследования последних десятилетий [6,7,8] позволяют судить о микроциркуляторном русле как о звене сердечно-сосудистой системы, в котором протекают самые важные события в процессе адаптации организма к различным воздействиям.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа выполнялась в соответствии с планом госбюджетной темы ЛНУ им. Тараса Шевченко “ Механизмы длительной адаптации организма и прогнозирование адаптивных возможностей функциональных систем” (№ госрегистрации 0103У003607).

Целью исследования является изучение показателей микроциркуляции крови спортсменов при интенсивных физических тренировках.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на базе Мелитопольского государственного педагогического университета им. Б.Хмельницкого. В исследование приняло участие 86 студентов – спортсменов возрастнo-половой группы 17-20 лет, которые были разбиты на 3 группы в зависимости от интенсивности физической нагрузки.

В целях исследования микроциркуляции крови использовался метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Метод ЛДФ основывается на неинвазивном оптическом зондировании тканей монохроматическим сигналом (обычно в красной области спектра) и анализе частотного спектра сигнала, отраженного от движущихся эритроцитов [6]. Нами использовался высокоинформативный компьютерный лазерный доплеровский флоуметр ЛАКК-0,1. Оценка состояния микроциркуляции проводилось на ладонной поверхности 4 пальца правой кисти. Исследование проводилось в по-

кое и после дозированной физической нагрузки, в положении сидя в течение 4 минут. Результаты ЛДФ-тестирования регистрировались в относительных перфузионных единицах – перф. ед., которые отражают степень перфузии преимущественно эритроцитарной фракции, единицы объема ткани за единицу времени и позволяют проследить ее динамику при реакции кровотока на различные воздействия. В ходе исследования регистрировался и рассчитывался по общепринятой методике [6] параметр микроциркуляции (ПМ), его среднеквадратическое отклонение (СКО), а также индекс флаксмоций (ИФМ). Статистическая обработка результатов исследования проводилась на IBM-PC с использованием статистической программы Microsoft Excel с определением средних значений (М), среднего квадратического отклонения (σ), средней ошибки (m).

Достоверность различия показателей определялась с использованием t-критерия Стьюдента с уровнем значимости (p) < 0,05.

Полученные результаты и их обсуждение

Полученные нами результаты показывают, что в условиях покоя в системе микроциркуляции у спортсменов наблюдается замедление скорости кровотока. Диаметр веноулярного звена заметно превалирует над просветом артериального отдела. В результате создаются благоприятные возможности для более полной отдачи кислорода в капиллярах. У спортсменов 17-20 лет до нагрузки прослеживается тенденция к незначительному увеличению такого показателя, как параметр микроциркуляции (ПМ) крови. Установлено, что у спортсменов 17 лет ПМ составляет $7,7 \pm 0,66$ перф. ед.; в 18 лет – $8,1 \pm 0,7$ перф. ед., в 19 лет $8,9 \pm 0,71$ перф. ед., в 20 лет – $8,3 \pm 0,68$ перф. ед., то есть величина показателя перфузии плавно повышается с достижением максимальной величины в возрасте 19 лет. Это объясняется тем, что у спортсменов происходит функциональная перестройка системы кровообращения под влиянием тренировок, что проявляется в закономерных изменениях артериального давления, систолического и минутного объемов крови. Полученные функциональные изменения обусловлены анатомо-гистологическими особенностями сосудистого русла крови и влиянием на эти процессы длительных физических тренировок.

После дозированной физической нагрузки параметр микроциркуляции крови у всех испытуемых спортсменов увеличился на 30% и составил $10,85 \pm 0,57$ перф. ед., но дифференцированно получены такие результаты: у спортсменов 17 лет ПМ составил $10,9 \pm 0,45$ перф. ед.; в 18 лет – $9,8 \pm 0,4$ перф. ед., в 19 лет – $11,2 \pm 0,71$ перф. ед., в 20 лет

$11,5 \pm 0,73$ перф. ед. Наши результаты показывают более значительное увеличение показателя микроциркуляции после физической нагрузки, что объясняется улучшением скорости процесса микроциркуляции крови и вазомоторной активацией микрососудов (рис.1).

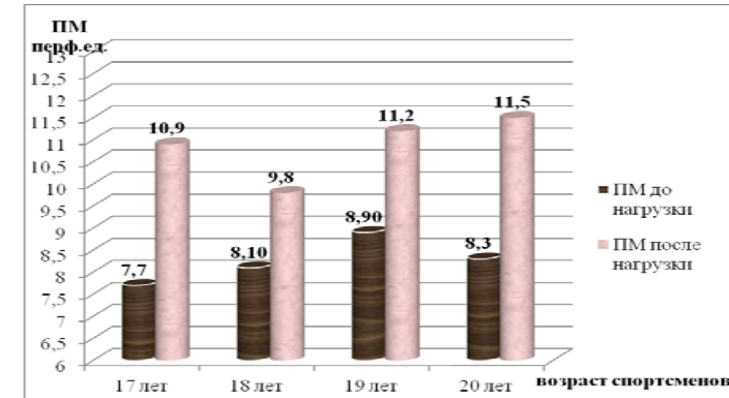


Рис. 1. Сравнительная динамика показателя параметра микроциркуляции крови спортсменов до и после дозированной физической нагрузки.

Другой важной характеристикой ЛДФ-граммы является среднее квадратическое отклонение (СКО), которое характеризует величину колебаний кровотока в тканях, то есть функциональную изменчивость системы микроциркуляции. У спортсменов до нагрузки показатель СКО составил $1,05 \pm 0,15$ перф. ед., а после нагрузки наблюдалось значительное увеличение его до $2,05 \pm 0,15$ перф. ед., то есть на 1 перф. ед. Увеличение данного показателя можно объяснить тем, что после нагрузки лучше функционируют механизмы модуляции тканевого кровотока. Длительная нагрузка в процессе адаптации организма обеспечивает участие в кровотоке дополнительного количества капилляров с числа резервных, что сказывается на вариабельности реагирования микрососудов.

При этом возникают вазодилататорный и вазоконстрикторный эффекты. Некоторые авторы функциональную изменчивость системы микроциркуляции под влиянием физических нагрузок объясняют особенностями гипоталамической регуляции сердечно-сосудистой системы [9, 10, 11]. Полученные наши результаты показывают, что до нагрузки величина СКО у спортсменов 17 лет составляет $0,95 \pm 0,13$ перф. ед., в 18 лет – $0,90 \pm 0,15$ перф. ед., в 19 лет $1,14 \pm 0,17$, в 20 лет – $1,23 \pm 0,17$ перф. ед.

После нагрузки наблюдалось статистически достоверное ($p < 0,05$) увеличение показателя СКО. Дифференцированно получены такие результаты: у 17-летних спортсменов он составил $1,8 \pm 0,17$ перф.ед., в 18 лет $2,3 \pm 0,15$ перф.ед., в 19 лет $1,9 \pm 0,11$ перф.ед., в 20 лет $2,2 \pm 0,17$ перф.ед. Максимальное увеличение СКО достигает в возрасте 18 лет (рис.2). Результаты исследования показывают, что физическая нагрузка вызывает заметное уменьшение показателя индекса флаксмоций (ИФМ).

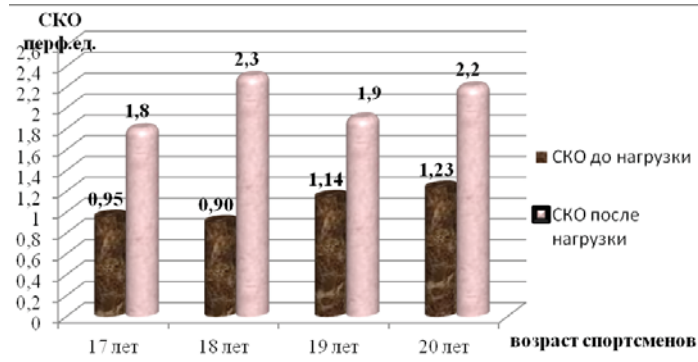


Рис. 2. Сравнительная динамика показателя СКО крови спортсменов до и после дозированных физических нагрузок.

Экспериментальным определением соотношения активных модуляций кожного кровотока по индексу флаксмоций у спортсменов до и после дозированной нагрузки выявлены пассивные механизмы регуляции кровотока в системе микроциркуляции. Очевидно, при физических тренировках преобладающими становятся парасимпатические влияния на микроциркуляцию крови. До нагрузки у спортсменов индекс флаксмоций составил $1,69 \pm 0,13$ усл.ед., а после нагрузки $1,54 \pm 0,12$ усл.ед. (рис. 3).

Наибольшее значение ИФМ наблюдается у спортсменов 20 - летнего возраста.

В ходе исследования установили, что в процессе спортивной тренировки происходит определенная морфофункциональная перестройка сердечно-сосудистой системы. Под влиянием тренировочного процесса происходит формирование определенного ответа со стороны различных компонентов микроциркуляции: транспортным направлением потоки крови, регулирующим кро-

вообеспечением соответственно потребностям тканей и обменным компонентом гисто-химического барьера. В результате всех изменений у спортсменов создаются значительные функциональные резервы как для механизмов перераспределения тока крови, так и для более совершенного внутриорганный капиллярного кровотока. Полученные функциональные сдвиги обусловлены соответствующими морфологическими изменениями миокарда желудочков, и рассматривается нами как реакция сердца и сосудов в условиях воздействия длительных физических нагрузок.

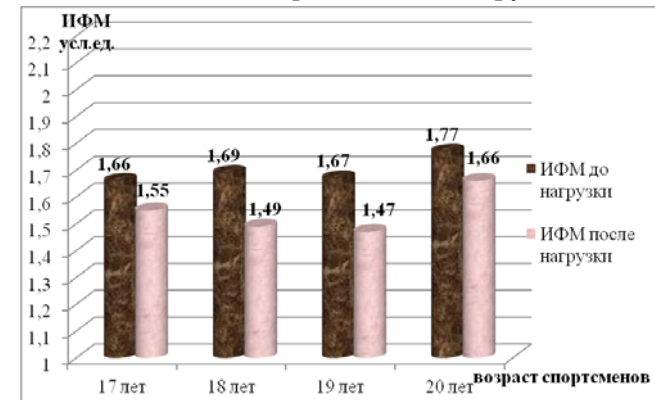


Рис. 3. Сравнительная динамика показателя ИФМ крови спортсменов до и после дозированных физических нагрузок.

Выводы

1. По данным ЛДФ-метрии у спортсменов при длительных интенсивных тренировках получены нормативные показатели состояния микроциркуляции крови: ПМ крови у спортсменов 17-20 лет в состоянии покоя находится в границе от $7,7 \pm 0,66$ перф.ед. до $8,3 \pm 0,68$ перф.ед. и наблюдается его значительное увеличение после дозированной нагрузки от 9,8 перф.ед. до 11,5 перф.ед.

2. Полученные нами результаты показали, что среднее квадратическое отклонение (СКО), которое характеризует величину кровотока в тканях статистически достоверно ($p < 0,05$) увеличивается после дозированной физической нагрузки и максимальной величины достигает в 18-летнем возрасте.

3. При длительных физических тренировках преобладающими становятся парасимпатические влияния на микроциркуляцию, о чем свидетельствует заметное уменьшение показателя ИФМ.

4. Под влиянием интенсивных физических тренировок у спортсменов создаются значительные функциональные резервы для перераспределения тока крови и для более совершенного внутриорганный капиллярного кровотока.

5. Полученные нами данные о выявлении функционального состояния системы микроциркуляции крови в организме спортсменов при тренировках разной интенсивности открывают перспективы дальнейшего углубленного изучения последствий престренированности, функциональных нарушений и возникновения паталогических процессов.

Література

1. Соболева Т.М. Влияние физической нагрузки на соискание микроциркуляторной системы кожи и конъюнктивы глазного яблока у человека по данным прижизненной микрофотокапиллярометрии: автореф. дисс. ... канд. мед. наук / Т. М. Соболева. – М., 1980. – 20.
2. Цехмистренко Т.А. Индивидуально-типологические особенности состояния микроциркуляции крови у девушек / Т.А. Цехмистренко, Т.И. Станишевская // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2006. – Т. 5. – С. 51-57.
3. Банин В.В. Экспериментально-морфологическое изучение микроциркуляторного русла и микроциркуляции в брыжейке тонкой кишки в норме и при окклюзии магистральных сосудов: автореф. дис...: канд.мед.наук. / В.В. Банин. – М., 1973. – 21 с.
4. Залмаев Б.Е. Микроциркуляторное русло как показатель состояния сердечно-сосудистой системы у высококвалифицированных спортсменов / Б.Е. Залмаев // Физиологические механизмы адаптации к мышечной деятельности. – Волгоград, 1988. – С. 145.
5. Гурова О.А. Реактивность системы микроциркуляции у девушек при тепловой пробе / О.А. Гурова, Т.И. Станишевская // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2006. – Т. 5. – С. 58-63.
6. Козлов В.И. Метод лазерной доплеровской флоуметрии: Пособие для врачей / В.И. Козлов, Ф.Б. Мач, О.А. Литвин [и др.]. – М.: Изд-во Гос. науч. центр лазерной медицины Минздрава России, Российский ун-т дружбы народов, 2001. – 22 с.
7. Козлов В.И. Микроциркуляция при мышечной деятельности / В.И. Козлов, И.О. Тупицин. – М., 1981. – 135 с.
8. Куприянов В.В. Микроциркуляторное русло / В.В. Куприянов, Я.Л. Караганов, В. И. Козлов. – М.: Медицина, 1975. – 213 с.
9. Берг М.Д. Развитие в онтогенезе человека механизмов адаптации микроциркуляции к динамическим локальным нагрузкам / М.Д. Берг // Физиология человека. – 1998. – Т.24, № 3. – С.109–112.

10. Verdant C. How monitoring of the microcirculation may help us at the bedside / C. Verdant, D. De Backer // Curr. Opin. Crit. Care. – 2005. – № 11. – P. 240-244.

11. Zweifach B.W. Morphometric analysis of the microcirculation // Bibl. Anat. – 1977. – № 20. – P. 1–4.

Резюме

Шестопалова Н.С., Иванюра І.О., Коробейніков О.С., Єрмакова Т.С. Характеристика показників мікроциркуляції при інтенсивних фізичних тренуваннях.

Результати досліджень ЛДФ-метрії свідчать про те, що інтенсивні фізичні тренування спортсменів викликають в організмі модифікаційні зміни мікроциркуляторної системи, яка забезпечує економізацію діяльності серце-судинної системи. Зміни в системі мікроциркуляції призводять до збільшення показника мікроциркуляції, середнього квадратичного відхилення, що характеризує величину кровотоку в тканинах, пере - розподілення току крові в капілярах з метою створення функціональних резервів. У спортсменів переважаючими становляться парасимпатичні впливи на мікроциркуляцію, про що свідчить зменшення індексу флаксмоцій.

Ключові слова: спортсмени, мікроциркуляція, серцево-судинна система, метод лазерної доплеровської флоуметрії, фізичні навантаження.

Резюме

Шестопалова Н.С., Иванюра И.А., Коробейников А.С., Ермакова Т.С. Характеристика показателей микроциркуляции крови спортсменов при интенсивных физических тренировках.

Результаты исследования ЛДФ-метрии свидетельствуют о том, что интенсивные физические тренировки спортсменов вызывают в организме модификационные изменения микроциркуляторной системы, которая обеспечивает экономизацию деятельности сердечно - сосудистой системы. Изменения в системе микроциркуляции вызывают увеличение показателя микроциркуляции, среднего квадратического отклонения, что характеризует величину кровотока в тканях, перераспределение тока крови в капиллярах с целью создания функциональных резервов. У спортсменов преобладающими становятся парасимпатические влияния на микроциркуляцию, о чем свидетельствует уменьшение индекса флаксмоций.

Ключевые слова: спортсмены, микроциркуляция, сердечно-сосудистая система, метод лазерной доплеровской флоуметрии, физические нагрузки.

Summary

Shestopalova N.S., Ivanyura I.A., Korobeynikov A.S., Ermakova T.S. Characterization of blood microcirculation parameters of athletes during intense physical training.

Studies have found that in the process of athletic training the morphofunctional reorganization of cardio-vascular system occurs. Under the influence of the training processes is the definite answer on the part the various components and the microcirculation is formed: the transport direction of the blood flow according to the needs regulatory blood circulation tissue; the exchange as a component of the chemical barrier. During long-term physical activity parasympathetic effects on the microcirculation becomes predominant, as evidenced by a marked reduction of the index of flaxomotion values (IFM). As a result these changes in athletes create significant functional reserve for both redistribution of the blood flow and for a better capillary blood flow within organs. Thus, the prediction of functional changes in the body and assessment of functional reserve capacity of vegetative systems can be based on the determination of regulatory mechanisms and quantitative characterization of the individual units of the microcirculation in athletes with varying intensity of physical activity.

Key words: athletes, microcirculation, cardio - vascular system, method of Laser Doppler Flowmetry, physical activity.

Рецензент: д.мед.н., проф. М.О. Пересадін