

РЕАКЦИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ И МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ СТУДЕНТОВ И СПОРТСМЕНОВ НА ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ

© Сидоряк Н.Г.*

Межведомственная лаборатория медико-биологического мониторинга Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого и Таврического агротехнологического университета, Украина, г. Мелитополь

При исследовании 25 студентов и 20 спортсменов, которым предлагалась физическая нагрузка, изучались параметры сердечно-сосудистой системы и микроциркуляции крови. Показано, что студенты и спортсмены реагируют на воздействие физической нагрузки, так у спортсменов борцов сердечно-сосудистая система функционирует более эффективно и экономично. Выявлено, что у спортсменов II подгруппы после нагрузки наблюдалось улучшение эффективности микроциркуляции крови за счет преобладания активных механизмов регуляции кровотока. У студентов обеих подгрупп и спортсменов I подгруппы после выполнения физической нагрузки отмечалось снижение эффективности микроциркуляции.

Ключевые слова: артериальное давление, систолический объем, минутный объем, доплеровская флоуметрия, ЛДФ-грамма, микроциркуляция.

Вопрос об особенностях функционирования сердечно-сосудистой системы под воздействием различных факторов является одним из актуальных в физиологии. Особое внимание уделяется вопросу влияния физических нагрузок на сердечную деятельность [1, 2, 3]. Спортивные нагрузки разной специализации играют важную роль в формировании функциональных резервов организма [5, 8]. В настоящее время определенное место в жизни студенческой молодежи занимает спорт, который является в определенной степени антистрессовым фактором [2], что немаловажно для студентов нашего времени. Деятельность сердечно-сосудистой системы практически здоровых, не занимающихся спортом, людей отличается рядом характерных особенностей. Эти отличия возникают в процессе длительной адаптации аппарата кровообращения к систематическим мышечным напряжениям. В литературе освещен вопрос о реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку. Однако вопрос об изменении микроциркуляции крови и сердечно-сосудистой системы у студентов и спортсменов под воздействием физической нагрузки требует более детального изучения.

* Профессор кафедры Анатомии и физиологии человека и животных, кандидат биологических наук, доцент.

Поэтому целью данной работы явилось изучение реакции сердечно-сосудистой системы и микроциркуляции крови у студентов и спортсменов на физическую нагрузку.

Методы исследования

Исследования проведены на 25 студентах естественно-географического факультета, специальности «Физическое воспитание» и 20 спортсменах, занимающихся борьбой, в возрасте 21 года. Все исследования проводились в состоянии покоя и после физической нагрузки. Физическая нагрузка проводилась на велоэргометре «Биоритм-4», с педализацией 95-120 об/мин в течение 2 мин. Определение артериального давления и частоты сердечных сокращений у студентов и спортсменов осуществляли с помощью комплекса КДТх-4 (Венгрия). В дальнейшем на основании этих значений рассчитывали пульсовое давление (ПД), систолический объем крови (V_s), минутный объем крови сердца (V_{MO}).

Показатели микроциркуляции крови определяли с помощью лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) с использованием аппарата ЛАКК-01 (НПП «Лазма», Россия) на вентральной поверхности дистальной фаланги 4-го пальца кисти. Запись ЛДФ-граммы производилась в течении 2 мин.

Нами рассчитывались стандартные параметры ЛДФ-грамм: параметр микроциркуляции (ПМ) – средняя величина перфузии единицы объема ткани за единицу времени; среднее квадратическое отклонение (СКО) – средняя амплитуда колебаний кровотока; K_v – коэффициент вариации – характеризует соотношение между изменчивостью перфузии и средней перфузией в зондируемом участке. При анализе амплитудно-частотного спектра (АЧС) определяли колебания ЛДФ-граммы: низкочастотные колебания (LF) – обусловленные активностью гладких миоцитов в артериолах (вазомоции); высокочастотные колебания (HF) – обусловленные периодическими изменениями давления в венозном русле при дыхании; пульсовые колебания, синхронизированные с кардиоритмом. Рассчитывали индекс флуксоций (ИФМ) – соотношение активных и пассивных модуляций кожного кровотока [6]. Полученные данные обработаны стандартными методами вариационной статистики.

Результаты исследований

Объективным показателем сердечно-сосудистой системы является частота сердечных сокращений. При характеристике ее изменений под воздействием физической нагрузки у студентов и спортсменов можно отметить, что у студентов после нагрузки частота сердечных сокращений увеличивалась на 59 % и равнялась $103,6 \pm 2,61$ уд/мин, у спортсменов данный показатель в состоянии покоя составлял $60,0 \pm 0,23$ уд/мин, и после действия физической нагрузки он увеличивался на 55 % ($p < 0,001$). Низкие показатели ЧСС (брадикардию) у спортсменов в покое мы объясняем тем, что сни-

жается потребность миокарда в кислороде, вследствие уменьшения величины его работы, обусловленную нейровегетативной регуляцией в покое, когда наряду с повышением тонуса парасимпатической нервной системы снижается активность симпатико-адреналовой системы [7]. Это свидетельствует об экономичной и эффективной работе сердца. После выполнения физической дозированной нагрузки нами отмечался рост частоты сердечных сокращений, наиболее выраженным он был у студентов. Увеличение частоты сердечных сокращений свидетельствует о важнейшем физиологическом механизме, осуществляющем адаптацию кровообращения к мышечной деятельности [3, 4].

Характеризуя изменения артериального давления, после дозированной нагрузки следует отметить, что систолическое давление (СД) у спортсменов и студентов возрастало, так у спортсменов данный показатель увеличивался на 31 % по сравнению с показаниями, полученными в покое, а у студентов прирост систолического давления составлял 40 % (табл. 1). Увеличение ЧСС и СД у наших испытуемых после физической нагрузки свидетельствует о закономерной реакции сердечно-сосудистой системы.

Таблица 1

Изменение некоторых показателей сердечно-сосудистой системы у студентов и спортсменов до и после физической нагрузки

		студенты	спортсмены
ЧСС уд/мин	до	65,2±1,51	60,0±0,23
	после	103,6*±2,61	93,0*±2,75
СД мм рт. ст.	до	129,3±3,1	130,0±2,24
	после	181,5*±3,81	170,0*±2,04
ДД мм рт. ст.	до	92,2±2,13	90,0±2,20
	после	83,3*±1,72	85,0*±0,51
ПД мм рт. ст.	до	37,1±0,75	40,0±0,18
	после	90,2*±2,81	85,0*±2,54
V _s мл	до	45,6±3,42	48,5±2,21
	после	83,7*±2,78	75,6*±2,59

Примечание: * – достоверность.

Величина диастолического давления (ДД) претерпевала противоположные изменения, т.е. уменьшалась. Так, у студентов после выполнения физической нагрузки значение диастолического давления понижалось на 10 %, и равнялось $92,2 \pm 2,1$ мм рт. ст., у спортсменов данный показатель уменьшался на 6 %, и составлял $85,0 \pm 0,51$ мм рт. ст. (табл. 1). Снижение диастолического давления обусловлено расширением сосудов в работающих мышцах и является наиболее характерной реакцией на выполняемую физическую нагрузку.

Пульсовое давление (ПД) в ходе эксперимента так же изменялось после физической нагрузки, однако эти изменения были более выраженными. Так, у

студентов в состоянии покоя данный показатель равнялся $37,1 \pm 0,75$ мм рт. ст., а после нагрузки он резко возрастал в 2,6 раза ($p < 0,001$). У спортсменов, занимающихся борьбой, величина пульсового давления возрастала в 2,1 раза, и равнялась $85,0 \pm 2,54$ мм рт. ст. ($p < 0,001$) (табл. 1).

Важным показателем сердечно-сосудистой системы является систолический объем крови сердца. Нами отмечено, что данный показатель был в состоянии покоя у спортсменов больше, что говорит о «спортивном сердце». После выполнения дозированной физической нагрузки систолический объем крови увеличивался, как у студентов, так и у спортсменов-борцов. Так, у студентов он возрастал на 84 % по сравнению с исходным уровнем и равнялся $83,7 \pm 2,6$ мл, а у спортсменов систолический объем увеличивался на 56 % (табл. 1). Такие изменения характерны для нормотического типа реакции, т.е. увеличение ударного объема, идет за счет повышения пульсового давления и считается физиологической реакцией на физическую нагрузку.

Анализируя изменения минутного объема, которые зависят, прежде всего, от потребности в кислороде и питательных веществах всего организма, т.е. уровня метаболизма в тканях организма, а также от факторов, которые обуславливают изменения активности самого сердца и факторов, связанных с изменением условий периферического кровообращения [4], нами отмечено, что после физической нагрузки отмечалось увеличение минутного объема у студентов в 2,92 раза ($p < 0,001$) по сравнению с исходным уровнем, а у спортсменов данный показатель возрастал в 2,42 раза ($p < 0,001$). Увеличение минутного объема кровообращения является механизмом адаптации организма к физическим нагрузкам. Так, у спортсменов под влиянием физической тренировки совершенствуется кровообращение на периферии и улучшается использование кислорода тканями. Поэтому у тренированных людей, по сравнению с нетренированными, при выполнении средней нагрузки минутный объем увеличивается меньше [1], что и объясняет полученные нами результаты.

Важнейшим звеном сердечно-сосудистой системы является система микроциркуляции, которая играет важную роль в транспорте биологических жидкостей и обмене веществ [6]. Анализируя показатели ЛДФ-граммы можно заметить следующие изменения.

На основании проведенных нами исследований следует отметить, что в зависимости от основного показателя микроциркуляции (ПМ) крови у студентов и спортсменов-борцов, мы вынуждены были разделить каждую группу еще на 2 подгруппы. В I подгруппу входили студенты и спортсмены, у которых значения микроциркуляции крови колебались от 0,5 пф. ед. до 12 пф. ед. Во II подгруппе показатель микроциркуляции колебался от 12 до 25 пф. ед.

Анализируя величину показателя микроциркуляции у 21-летних студентов мы наблюдали, что в покое у I подгруппы данный показатель составил

6,93 ± 0,35 пф. ед., у II подгруппы его значение было равным 16,57 ± 0,41 пф. ед. После выполнения физической дозированной нагрузки показатель микроциркуляции у I подгруппы возрастал на 83 %, тогда как у II подгруппы студентов данный показатель уменьшался на 14 % (рис. 1).

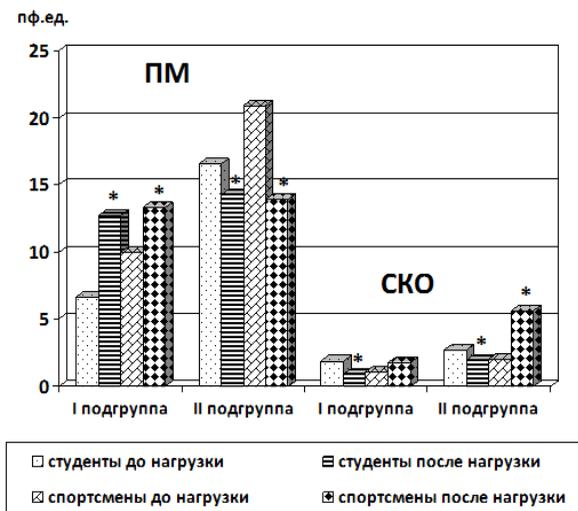


Рис. 1. Изменения параметра микроциркуляции и среднего квадратического отклонения у студентов и спортсменов до и после физической нагрузки

Примечание: * – достоверность.

У 21-летних спортсменов-борцов параметр микроциркуляции у I подгруппы составлял 9,96 ± 0,42 пф. ед., у II подгруппы борцов его показатель равнялся 20,87 ± 0,72 пф. ед., после выполнения физической нагрузки параметр микроциркуляции у I подгруппы увеличивался на 34 % ($p < 0,001$), тогда как у II подгруппы он понижался на 33 % (рис. 1). В состоянии покоя параметр микроциркуляции у спортсменов в обеих подгруппах был выше, чем у студентов на 44 % и 26 % соответственно ($p < 0,001$). Это свидетельствует о лучшем потоке эритроцитов в единице объема в зондированном участке, а, следовательно, и об улучшении снабжения тканей кислородом у спортсменов. Отмеченную разницу в ответ на физическую нагрузку I и II подгрупп студентов и спортсменов можно, по-видимому, расценивать как действие различных механизмов иннервации сосудов – симпатической и парасимпатической.

Анализируя величину среднего квадратического отклонения (СКО), которая характеризует временную изменчивость микроциркуляции, можно отметить, что у студентов I подгруппы ее величина равнялась 1,92 ± 0,07 пф.

ед., у II подгруппы она была выше на 44 %, и равнялась $2,76 \pm 0,001$ пф. ед. (рис. 1). Это говорит о том, что у II подгруппы студентов в состоянии покоя лучше включаются в работу механизмы модуляции тканевого кровотока. Аналогичная картина наблюдалась и у спортсменов обеих подгрупп. После выполнения физической нагрузки величина СКО уменьшалась в обеих подгруппах студентов на 28 % и 51 % соответственно, что свидетельствует об ухудшении работы механизмов модуляции тканевого кровотока. Что же касается спортсменов-борцов, то у них после физической нагрузки отмечалась другая картина изменений, так у I подгруппы борцов отмечалась тенденция к увеличению на 41 % ($p > 0,5$), тогда как другая подгруппа борцов реагировала на физическую нагрузку ростом величины среднего квадратического отклонения в 2,7 раза по сравнению с исходным уровнем (рис. 1). Такие изменения СКО у спортсменов после нагрузки можно рассматривать, как адаптационный аспект механизмов модуляции тканевого кровотока.

При анализе показателя коэффициента вариации (K_v), который дает информацию о вкладе вазомоторного компонента в модуляцию тканевого кровотока, мы отмечаем существенное различие данного показателя у подгрупп студентов. У I подгруппы его величина составляла $28,65 \pm 0,70$ %, тогда как у студентов II подгруппы значение этого показателя было меньше на 40 % ($p < 0,001$), и равнялось $17,16 \pm 2,10$ %. Выполненная студентами физическая нагрузка вызвала изменения коэффициента вариации у I подгруппы и он понизился на 71 % ($p < 0,001$), а у студентов II подгруппы он практически не изменялся. Увеличение данного показателя у студентов I подгруппы говорит о выраженной вазомоторной активности микрососудов. У спортсменов-борцов I подгруппы после физической нагрузки отмечалась тенденция к увеличению, а вот у II подгруппы данный показатель возрастал в 4,1 раза и составлял $40,34 \pm 0,98$ % ($p < 0,001$) (рис. 2). Таким образом, у спортсменов, занимающихся борьбой, повышение значения коэффициента вариации после физической нагрузки свидетельствует о вкладе вазомоторного компонента в модуляцию кровотока.

Интегративную характеристику соотношения механизмов активной и пассивной модуляции кровотока дает индекс флаксмоций (ИФМ). Так, у студентов I подгруппы в покое его величина составляла $1,74 \pm 0,046$ и $1,47 \pm 0,001$ у II подгруппы. После воздействия физической нагрузки у студентов I подгруппы индекс флаксмоций понижался на 14 %, и имел тенденцию к снижению на 4 % у II подгруппы (рис. 2). У спортсменов I подгруппы после нагрузки наблюдалось снижение данного показателя на 6 % ($p < 0,05$), а вот у спортсменов-борцов II подгруппы он возрастал в 2,1 раза. Такие изменения свидетельствуют о снижении эффективности регуляции кровотока в системе микроциркуляции у студентов и I подгруппы спортсменов, а у II подгруппы спортсменов отмечается рост индекса флаксмоций и улучшение эффективности регуляции кровотока, за счет активных механизмов модуляции.

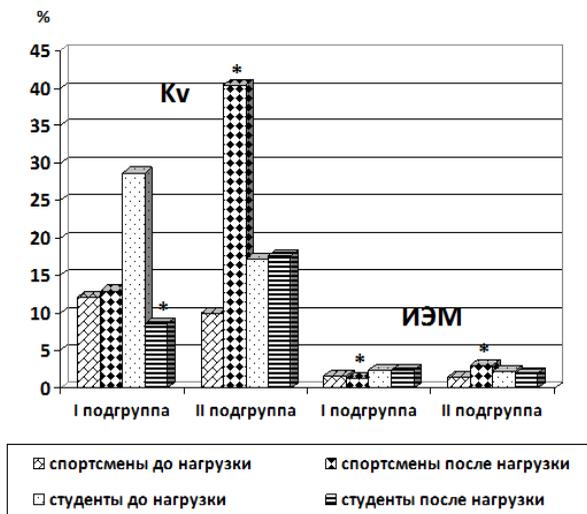


Рис. 2. Изменения коэффициента вариации и индекса эффективности микроциркуляции у студентов и спортсменов до и после физической нагрузки

Примечание: * – достоверность.

Таким образом, следует отметить, что сердечно-сосудистая система студентов и спортсменов по-разному реагирует на воздействие физической нагрузки. Реакция сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку говорит о том, что у спортсменов сердечно-сосудистая система работает более экономично и эффективно. У студентов обеих подгрупп и у спортсменов I подгруппы после выполнения физической нагрузки отмечается снижение эффективности регуляции кровотока. У спортсменов II подгруппы наблюдалось улучшение эффективности регуляции кровотока, за счет преобладания активных механизмов регуляции.

Список литературы:

1. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / И.В. Аулик. – М.: Медицина, 1990. – 120 с.
2. Виру А.А. Проблема увеличения пластического резерва организма в процессе тренировки / А.А. Виру // Теория и практика физической культуры. – 1980. – № 2. – С. 19-21.
3. Гречишкина С.С. Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы спортсменов разных видов спорта по данным вариабельности ритма сердца и спирометрии / С.С. Гречишкина, А.В. Шаханова, Я.К. Коблев //

Вестник АГУ. Серия естественно-математических и технических наук. – 2010. – Вып. 1 (53). – С. 102-107.

4. Зальман А. Адаптация организма к физическим нагрузкам / А. Зальман // Медицинский журнал. – 1993. – № 8. – С. 18-21.

5. Иванова Н.В. Оценка функционального состояния кардиореспираторной системы спортсменов с различной спецификой мышечной деятельности в соревновательном периоде подготовки / Н.В. Иванова // Вестник спортивной науки. – 2011. – № 1. – С. 64-68.

6. Козлов В.И. Система микроциркуляции: клинико-биологические аспекты изучения / В.И. Козлов // Регионарное кровообращение. – 2006. – Т. 5, № 2. – С. 84-101.

7. Спортивная фармакология и дистология / Под ред. С.А. Олейника, Л.М. Гуниной. – Изд.: Диалектика, 2008. – 256 с.

8. Boineau J.P. The early repolarization variant normal or a marker of heart disease in certain subjects / J.P. Boineau // J. Electrocardiol. – 2007. – Vol. 40, № 1. – P. 3.