

УДК 796.015.15:612+611.1

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И РЕАКТИВНОСТИ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
У СПОРТСМЕНОВ В ОТВЕТ НА ДОЗИРОВАННУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ**

Н.А. ТИШУТИН, канд. биол. наук, доц. **О.Н. МАЛАХ**,
канд. биол. наук, доц. **Т.Ю. КРЕСТЬЯНИНОВА**
(Витебский государственный университет имени П.М. Машерова)

Изложены результаты комплексного сравнительного анализа состояния и механизмов регуляции системы кровообращения при различных функциональных состояниях, у спортсменов и лиц, не занимающихся спортом. Испытуемые имели нормотонический тип реакции на дозированную физическую нагрузку. Реактивность показателей частоты сердечных сокращений и артериального давления, в процентном соотношении от исходных, находилась в пределах нормы. Механизм регуляции кровообращения после нагрузки у спортсменов осуществляется, в большей степени, за счет увеличения систолического артериального давления и ударного объема крови; у лиц, не занимающихся спортом – за счет повышения частоты сердечных сокращений. Следовательно, спортсмены демонстрируют более адекватный, с точки зрения экономизации, способ адаптации организма к предлагаемой физической нагрузке по сравнению с испытуемыми, не имеющими отношения к спорту. Реактивность на пробу Мартине–Кушелевского у обеих групп испытуемых характеризуется усилением влияния симпатического отдела ВНС. Показатели после восстановления и исходный уровень спортсменов обеспечиваются тонусом парасимпатического звена ВНС, а у студентов, не занимающихся спортом, – симпатическим звеном ВНС. Во всех группах в ответ на дозированную нагрузку происходило возрастание значимости кардиотропных регулирующих влияний.

Ключевые слова: регуляции системы кровообращения, физическая нагрузка, тип реакции на физическую нагрузку.

Введение. Функциональные изменения в организме спортсменов характеризуют состояние его здоровья и работоспособности с учетом индивидуальных особенностей каждого. К наиболее часто применяемым критериям оценки функционального состояния организма спортсменов относят параметры функционирования сердца, которые прямо отображают уровень готовности спортсмена к выполнению той или иной нагрузки или свидетельствуют об уровне восстановления организма после ее выполнения [1]. Поэтому принципиально важно изучать и понимать механизмы регуляции системы кровообращения, как они функционируют и как адаптируются к конкретной двигательной деятельности.

Занятия физической культурой и спортом способствуют совершенствованию функционального состояния сердечно-сосудистой системы, вырабатывают высокую приспособляемость к различным по интенсивности и характеру физическим нагрузкам [2]. Однако система физической культуры, к сожалению, еще далеко несовершенна и нуждается в глубоком изучении ее эффективности в условиях дальнейшего развития и создания прочной научной основы [3]. В связи с этим *цель работы* – оценка гемодинамических показателей у студентов-спортсменов и студентов, не занимающихся спортом.

Материал и методы. В исследовании приняли участие 58 студентов учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова» в возрасте 19–20 лет. Испытуемые были разделены на две группы: студенты факультета физической культуры и спорта (ФФКиС), которые занимаются спортом, а также имеют спортивные разряды и звания от III разряда до мастера спорта ($n = 30$), и студенты факультета социальной педагогики и психологии (ФСПиП), занимающиеся физической культурой 1–2 раза в неделю и не имеющие спортивных разрядов и званий ($n = 28$).

Показателей гемодинамики фиксировали у студентов до, непосредственно после дозированной физической нагрузки и в процессе восстановления на 1, 2, 3 и 5 минутах. В качестве дозированной физической нагрузки выступала проба Мартине–Кушелевского. Измерение артериального давления (АД, мм рт. ст.) проводилось по методу Н.С. Короткова на ПАК «Омега-М».

Для оценки деятельности сердечно-сосудистой системы, ее состояния и реактивности, механизмов регуляции гемодинамических параметров при различных функциональных состояниях были рассчитаны показатели: тип саморегуляции кровообращения (ТСК, у.е.), ударный объем крови (УОК, мл), минутный объем кровообращения (МОК, л), вегетативный индекс Кердо (ВИК, у.е.) [4].

Основная часть. Адаптация организма к физической нагрузке в значительной мере определяется повышением активности сердечно-сосудистой системы, которая проявляется в повышении частоты сердечных сокращений (ЧСС), повышении сократительной способности сердца. Адаптация организма здо-

ровых людей к физической нагрузке происходит оптимальным способом, за счет повышения величины как УОК, так и ЧСС. У спортсменов используется самый оптимальный вариант адаптации к нагрузке, поскольку благодаря наличию большого резервного объема крови при нагрузке происходит значительное, в сравнении с не имеющими такого резерва, повышение УОК [4; 5]. В таблице представлены значения всех показателей, используемых для решения цели исследования, их исходные значения, реактивность и динамика восстановления после пробы. В исходном состоянии у спортсменов показатель ЧСС составлял $63,1 \pm 8,9$ уд/мин. В ответ на пробу Мартине–Кушелевского ЧСС увеличилась на 45% и составила $91,4 \pm 12,1$ уд/мин ($p < 0,001$). Уже после одной минуты ЧСС у спортсменов снижается до $65 \pm 10,3$ уд/мин, а на третьей и пятой минуте, с высокой степенью достоверности различий, частота сокращений опускается ниже исходных значений, $61,1 \pm 8$ уд/мин и $61 \pm 7,7$ уд/мин соответственно. Возможно, это связано с таким феноменом, как «отрицательная фаза» пульса, который наблюдается у спортсменов с хорошей физической подготовкой.

Таблица. – Изменение гемодинамических показателей в ответ на пробу Мартине–Кушелевского

Показатель	Исходное состояние	После пробы	Восстановление		
			на 2-й мин	на 3-й мин	на 5-й мин
ФФКиС, $n = 30$					
ЧСС, уд/мин	$63,1 \pm 8,9$	$91,4 \pm 12,1^{**}$	$65 \pm 10,3$	$61,1 \pm 8^*$	$61 \pm 7,7^*$
АДс, уд/мин	$124,8 \pm 12,6$	$139,8 \pm 17,1^{**}$	$131,7 \pm 16^*$	$131 \pm 12,6^*$	$125,8 \pm 11,3$
АДд, уд/мин	$78,1 \pm 8,8$	$79,5 \pm 11,9$	$75,6 \pm 9,4$	$77,3 \pm 6,6$	$76,8 \pm 10$
ТСК, у.е.	$125,9 \pm 22$	$88,2 \pm 15,7^{**}$	$119 \pm 23,6^*$	$128,8 \pm 20,9$	$127,3 \pm 19,7$
УОК, мл	$59,1 \pm 5,7$	$65,7 \pm 13,8^*$	$65,6 \pm 7,9^*$	$63,3 \pm 7,2^*$	$61,1 \pm 9,1$
МОК, л	$3,73 \pm 0,63$	$5,99 \pm 1,52^{**}$	$4,24 \pm 0,7^{**6}$	$3,86 \pm 0,61$	$3,71 \pm 0,66$
ВИК, у.е.	$-25,9 \pm 22$	$11,8 \pm 15,7^{**}$	$-19 \pm 23,6^*$	$-28,8 \pm 20,9$	$-27,3 \pm 19,4$
ФСПиП, $n = 28$					
ЧСС, уд/мин	$86,8 \pm 16,8$	$117,6 \pm 20,1^{**}$	$94,1 \pm 19,1^*$	$88 \pm 16,7$	$87,6 \pm 14,6$
АДс, уд/мин	$120,7 \pm 16,9$	$132,9 \pm 19,2^{**}$	$123,1 \pm 11,8$	$120,7 \pm 11,7$	$119,6 \pm 11,8$
АДд, уд/мин	$80,4 \pm 8,3$	$82,1 \pm 8,3$	$78,6 \pm 5$	$80 \pm 6,8$	$79,3 \pm 6,5$
ТСК, у.е.	$96,3 \pm 18$	$71 \pm 16,1^{**}$	$87,7 \pm 18,5^*$	$95,3 \pm 21,6$	$93,8 \pm 17$
УОК, мл	$52,2 \pm 7$	$58,3 \pm 10,4^*$	$58,6 \pm 2,3^{**}$	$55,7 \pm 7,3$	$55,9 \pm 8,6$
МОК, л	$4,46 \pm 0,86$	$6,82 \pm 1,36^{**}$	$5,39 \pm 0,93^{**}$	$4,81 \pm 0,93^*$	$4,82 \pm 0,92^*$
ВИК, у.е.	$6,5 \pm 15,1$	$28,9 \pm 16,7^{**}$	$15,8 \pm 13,6^*$	$9,2 \pm 13,7$	$9,86 \pm 11,5$

Примечание: * – различия между группами статистически значимы $p < 0,05$; ** – различия между группами статистически значимы $p < 0,001$.

При анализе значений показателей у студентов, не занимающихся спортом, обращает на себя внимание высокий исходный показатель ЧСС – $86,8 \pm 16,8$ уд/мин. Дозированная физическая нагрузка у студентов ФСПиП, как и у спортсменов, вызвала положительный хронотропный эффект, однако в меньшей степени. Показатель ЧСС увеличился на 35% от исходного и составил $117,6 \pm 20,1$ ($p < 0,001$). Меньшая процентная реактивность у лиц, не занимающихся спортом, кажется на первый взгляд нелогичной, однако причиной этого, скорее всего, явились исходно большие значения ЧСС перед нагрузкой. Начальное состояние организма во многом определяет характер последующих его реакций. Обнаруженные связи между реактивностью системы кровообращения на физическую нагрузку и исходным состоянием показателей центральной гемодинамики содержат в себе все свойства «закона исходного значения» (чем выше исходная активность, тем менее выражена реакция на активирующие стимулы) [6]. Динамика восстановления ЧСС у испытуемых ФСПиП, в отличие от спортсменов, протекает не так быстро. На второй минуте восстановления значения их ЧСС составляли $94,1 \pm 19,1$ уд/мин ($p < 0,05$), это +8,4% от исходного значения, в сравнении с +3% у спортсменов на том же промежутке времени. К третьей и пятой минуте значения их ЧСС так и не вернулись к исходным и составляли $88 \pm 16,7$ уд/мин и $87,6 \pm 14,6$ уд/мин соответственно.

Показатель АД в покое, в среднем по группе спортсменов, составил $124,8/78,1$ мм рт. ст. После дозированной физической нагрузки АДс с высокой степенью достоверности различий увеличилось на 12%. АДд практически не изменилось и составило $79,5 \pm 11,9$ мм рт. ст. Особый интерес представляет дальнейшие изменения АД в процессе восстановления: на 2-й и 3-й мин АДс сохраняет высокие показатели, а на пятой минуте снижается практически до исходных. Такой способ адаптации к нагрузке, за счет повышенного АДс в общем и увеличенного УОК в частности, согласуется с мнением большого количества авторов [6–9] об оптимальном варианте адаптации к нагрузке у спортсменов за счет АД и УОК. Значения АД к нагрузочной пробе у группы студентов ФСПиП составляли $120,7/80,4$ мм рт. ст. Оценивая

специфику изменений сосудистого тонуса, необходимо обратить внимание на реактивность АДс после пробы Мартине–Кушелевского. Она выразилась в увеличении этого показателя на 10% от исходных и составила $132,9 \pm 19,2$ мм рт. ст. ($p < 0,001$). Наибольший интерес и подтверждение нерационального, с точки зрения экономизации, способа адаптации к нагрузке кроется в дальнейшей динамике изменения АДс. Уже на второй минуте восстановления от реактивности АДс остается только +2% от исходного, однако по показателю ЧСС и по субъективному наблюдению экспериментатора (частота дыхания) восстановления еще не наступило. Это означает, что настоящая (на 2 минуте) и дальнейшая адаптация происходит за счет повышенного ЧСС, а это не самый оптимальный способ. На 3-й и 5-й мин значения АДс опускаются ниже исходных $120,7 \pm 11,7$ мм рт. ст. и $119,6 \pm 11,8$ мм рт. ст. соответственно.

Увеличение частоты и силы сердечных сокращений приводит к закономерному увеличению минутного объема кровообращения. В исходном состоянии у спортсменов этот показатель составлял $3,73 \pm 0,63$ л. Реактивность МОК после нагрузки выразилась в увеличении его значений на 61%, в сравнении с исходными и составила $5,99 \pm 1,52$ л ($p < 0,001$). На второй минуте восстановления показатель МОК снизился до $4,24 \pm 0,76$ л ($p < 0,001$). Следует отметить, что ко второй минуте ЧСС спортсменов практически вернулся к исходным. Это свидетельствует о том, что повышенное значение МОК, относительно исходного, поддерживается по большей части за счет высоких значений УОК и АДс. На третьей и пятой минуте значения МОК возвращаются к исходным, $3,86 \pm 0,61$ л и $3,71 \pm 0,66$ л соответственно. Значения МОК у студентов, не занимающихся спортом, были значительно выше $4,46 \pm 0,86$ л, это объясняется более высоким ЧСС. После пробы с физической нагрузкой их значения МОК увеличились на 53% (61% у спортсменов) и составили $6,82 \pm 1,36$ л ($p < 0,001$). Дальнейшая динамика изменений МОК не вызывает особого интереса, поскольку МОК находится в прямой зависимости от ЧСС, за счет которого восстанавливаются испытуемые ФСПиП, и соответственно здесь схожая динамика.

Ударный объем крови является тем оптимальным средством, за счет которого спортсмены в нашем исследовании адаптировались к предъявляемым нагрузкам. Исходное значение показателя УОК спортсменов составляло $59,1 \pm 5,7$ мл, после проведения пробы Мартине–Кушелевского он увеличился на 11% и составил $65,7 \pm 13,8$ мл ($p < 0,05$). На второй минуте восстановления УОК сохраняется на том же уровне, что и сразу после нагрузки, $65,6 \pm 7,9$ мл ($p < 0,05$). Здесь стоит отметить, что, хотя средние значения УОК по группе спортсменов на 2 минуте восстановления не изменились в сравнении со значением непосредственно после нагрузки, но при индивидуальном рассмотрении их динамики, все не так однозначно. Всего в исследовании участвовало 20 спортсменов, из них у 11 значения УОК на второй минуте снижаются, 5 показывают повышение, а у остальных остаются без существенных изменений. Возможно, такая неоднозначная реакция связана с различным уровнем тренированности спортсменов и более подготовленным испытуемым может быть достаточно 60–80 с для восстановления после пробы Мартине–Кушелевского. На третьей и пятой минуте значения ударного объема снижаются до $63,3 \pm 7,2$ мл и $61,1 \pm 9,1$ мл, однако после четырех минут восстановления значения УОК у спортсменов так и не вернулись к исходным. У испытуемых, не занимающихся спортом, схожая реактивность и динамика изменения значений УОК, но протекающие в более низких значениях. Исходное значение их УОК составляло $52,2 \pm 7$ мл. После нагрузочной пробы УОК увеличился на 12% и составил $58,3 \pm 10,4$ мл ($p < 0,05$). На второй минуте восстановления УОК, как и у спортсменов, остается на том же уровне $58,6 \pm 2,3$ мл ($p < 0,001$). На третьей и пятой минуте значения показателей практически не отличаются и составляют $55,7 \pm 7,3$ мл и $55,9 \pm 8,6$ мл соответственно.

На основании расчетных показателей типа саморегуляции кровообращения и вегетативного индекса Кердо установлены отличительные особенности регуляторных механизмов, адаптационного потенциала системы кровообращения [8] у спортсменов и лиц, не имеющих отношения к спорту (ФСПиП). ВИК в исходном состоянии у двух групп испытуемых имеет существенные различия. Так, у спортсменов до пробы ВИК составлял $-25,9 \pm 22$ у.е., что свидетельствует о выраженном преобладании у них парасимпатического звена ВНС в управлении сердечно-сосудистой системы. У студентов ФСПиП, напротив, доминирующее влияние на стороне симпатического звена ($6,5 \pm 15,10$ у.е.). Проба Мартине–Кушелевского обеспечила обеим группам испытуемых усиление симпатотонии, но у студентов ФСПиП доля вклада симпатического отдела значительно выше $28,9 \pm 16,7$ у.е. ($p < 0,001$), против $11,8 \pm 15,7$ у.е. ($p < 0,001$) у спортсменов. При сравнении уровня реактивности значений показателя ВИК, можно отметить, что у спортсменов он выше $+37,7$ у.е. в сторону симпатотонии, против $+22,4$ у.е. у лиц, не занимающихся спортом. Следует отметить, что высокое значение стандартного отклонения ВИК сразу после нагрузки объясняется присутствием испытуемых, которые исходно имели очень высокие значения ВИК в сторону парасимпатки и после нагрузки превалирующее влияние осталось на стороне парасимпатического звена ВНС, что свидетельствует об очень высоком уровне их адаптационного потенциала и хорошей тренированности. Анализируя динамику восстановления «вегетативного баланса», обращает на себя внимание быстрое восстановление спортсменов, уже на 2 минуте их значения ВИК составляли $-19 \pm 23,6$ у.е.

($p < 0,05$). А на третьей и пятой минуте восстановления значения их ВИК опустились ниже исходных - $28,8 \pm 20,9$ у.е. и $-27,3 \pm 19,4$ у.е. соответственно. У студентов, не занимающихся спортом, динамика изменений индекса Кердо схожая со спортсменами, однако протекает в диапазоне симпатических значений. Так, на второй минуте восстановления происходит уменьшение симпатических влияний на сердечно-сосудистую систему до $15,8 \pm 13,6$ у.е. ($p < 0,05$), а на третьей и пятой минуте – до $9,2 \pm 13,7$ у.е. и $9,86 \pm 11,5$ у.е. соответственно.

При сравнении исходных показателей типа саморегуляции кровообращения у лиц, не занимающихся спортом и спортсменов, обращает на себя внимание большая разница в их значениях. У студентов ФФКиС средние значения ТСК составляли $125,9 \pm 22$ у.е., что указывает на выраженный сосудистый ТСК, а у студентов ФСПиП, напротив, сердечный-сосудистый или, как его называют, сбалансированный тип саморегуляции кровообращения ($96,3 \pm 18$ у.е.). Однако, несмотря на сбалансированный тип ТСК у испытуемых, не имеющих отношения к спорту, экономизация в регуляции кровообращения и более высокий уровень функциональных резервов на стороне спортсменов с сосудистым типом. Анализируя реактивность ТСК в ответ на пробу Мартине–Кушелевского, следует отметить значимое снижение его значений на 30% у спортсменов и на 26% у не занимающихся спортом. Такое изменение значений и их текущий уровень $88,2 \pm 15,7$ у.е. ($p < 0,001$) и $71 \pm 16,1$ у.е. ($p < 0,001$) может указывать на возрастание значимости прежде всего кардиотропных регулирующих влияний [10]. Дальнейшая динамика восстановления ТСК к исходным значениям протекает однонаправленно и схожа у обеих групп испытуемых с той лишь разницей, что спортсмены уже после минуты восстановления возвращаются к наиболее экономному типу регуляции (парасимпатика – $119 \pm 23,6$ у.е.) и к пятой минуте показывают лучшие значения, чем в исходном состоянии ($127,3 \pm 19,7$ у.е.), а студенты ФСПиП сохраняют сердечный-сосудистый тип саморегуляции ($93,8 \pm 17$ у.е.).

Заключение. Таким образом, по результатам проведенной пробы Мартине–Кушелевского обе группы испытуемых имели нормотонический тип реакции на нагрузку. Реактивность показателей ЧСС и АД, в процентном соотношении от исходных, находилась в пределах нормы. Спортсмены демонстрируют более адекватный, с точки зрения экономизации, способ адаптации организма к предлагаемой физической нагрузке по сравнению с испытуемыми, не имеющими отношения к спорту. Механизм регуляции кровообращения после нагрузки у спортсменов осуществляется в большей степени за счет увеличения систолического артериального давления и ударного объема крови, а у лиц, не занимающихся спортом, – за счет повышенного показателя частоты сердечных сокращений.

Реактивность на пробу Мартине–Кушелевского у обеих групп испытуемых характеризуется усилением влияния симпатического отдела ВНС. Однако показатели после восстановления и исходный уровень спортсменов обеспечиваются тонусом парасимпатического звена ВНС, а у лиц, не имеющих отношения к спорту, напротив, – симпатическим звеном ВНС. У обеих групп испытуемых, в ответ на дозированную нагрузку происходит возрастание значимости, прежде всего, кардиотропных регулирующих влияний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доева, А.Н. Оценка гемодинамических показателей у борцов / А.Н. Доева, З.А. Гагиева // Вестн. Адыг. гос. ун-та. – 2016. – № 2 (181). – С. 99–102.
2. Колчина, Е.Ю. Влияние комплексных ступенчатых нагрузок на показатели кардиореспираторной системы у студентов-спортсменов / Е.Ю. Колчина // Пед.-психол. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта. – 2019. – № 1. – Т. 14. – С. 207–218.
3. Федоров, Н.А. Влияние типологических особенностей кровообращения на показатели кардиореспираторной системы спортсменов при нагрузке повышающей мощности / Н.А. Федоров, Ю.С. Ванюшина, Д.Е. Елистратов // Пед.-психол. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта. – 2018. – № 3. – Т. 13. – С. 199–206.
4. Граевская, Н.Д. Спортивная медицина : курс лекций и практ. занятия / Н.Д. Граевская, Т.И. Долматова. – М. : МГАФК, 2004. – 304 с.
5. Баевский, Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М. : Медицина, 1997. – 265 с.
6. Кучеренко, К.Н. Клинико-физиологический анализ адаптационного статуса системы кровообращения и рисков кардиоваскулярной патологии при различной выраженности коронарного поведения типа А / К.Н. Кучеренко, В.И. Беляков // Вестн. мед. ин-та «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. – 2018. – Т. 31. – № 1. – С. 102–110.
7. Вариабельность ритма сердца: применение в кардиологии / В.А. Снежицкий [и др.] ; под общ. ред. В.А. Снежицкого. – Гродно : ГрГМУ, 2010. – 210 с.
8. Окулов, Т.С. Реакция сердечно-сосудистой системы на дозированные изометрические нагрузки у квалифицированных спортсменов / Т.С. Окулов, М.Н. Кондратьева, С.Л. Совершаева // Мед. экология. – 2009. – № 2. – С. 50–52.

9. Окулов, Т.С. Дифференцированная оценка показателей центральной гемодинамики в условиях силовой тренировки / Т.С. Окулов, А.В. Кочнев // Вестн. Сев. (Аркт.) федер. ун-та. Сер. Естественные науки. – 2008. – № 2. – С. 23–29.
10. Ванюшин, Ю.С. Кардиореспираторная система в онтогенезе при адаптации к функциональным нагрузкам / Ю.С. Ванюшин, Р.Р. Хайруллин. – Казань : Отечество, 2016. – 200 с.

Поступила 03.12.2019

ANALYSIS OF THE STATE AND REACTIVITY OF HEMODYNAMIC INDICATORS AT ATHLETES IN RESPONSE TO DOSED PHYSICAL LOAD

N. TISHUTIN, O. MALAH, T. KRESTYANINOVA

The article presents the results of a complex comparative analysis of the state and mechanisms of regulation of the circulatory system in various functional conditions in athletes and individuals who are not involved in sports. The subjects had a kind of normotonic type of reaction to dosed physical activity. Reactivity indicators heart rate and blood pressure, as a percentage of the original, was within normal limits. The mechanism of regulation of blood circulation after exercise in athletes is carried out by increasing systolic blood pressure and stroke volume of blood, in people who are not involved in sports due to an increase in heart rate. Therefore, athletes demonstrate a more adequate, from the point of view of economization, method of adapting the body to the proposed physical activity, compared with subjects who are not related to sports. The reactivity to the Martine-Kushelevsky test in both groups of subjects is characterized by an increased influence of the sympathetic division of the ANS. The indicators after recovery and the initial level of athletes are provided by the tone of the parasympathetic link of the ANS, and for students who are not involved in sports, by the sympathetic link of the ANS. In all groups, in response to a dosed load, an increase in the significance of cardiotropic regulatory influences occurred.

Keywords: *regulation of the circulatory system, physical activity, type of reaction to physical activity.*