

ПСИХОЛОГИЯ И ПЕДАГОГИКА

УДК 612.216.2-796.42

Е.А. Баранова, Л.В. Каплевич

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЛЕГОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ У СПОРТСМЕНОВ

Исследовалось влияние физической нагрузки на состояние вентиляционной функции легких у спортсменов. Показано, что у спортсменов и нетренированных лиц наблюдается разнонаправленная реакция системы дыхания на физическую нагрузку. У спортсменов после физической работы отмечается существенный прирост жизненной емкости легких и резервного объема вдоха, тогда как у нетренированных лиц жизненная емкость легких после нагрузки не изменяется, а прирост резервного объема выдоха сопровождается адекватным снижением резервного объема вдоха. После физической нагрузки у спортсменов наблюдается снижение скорости воздушного потока на уровне крупных бронхов, что компенсируется увеличением бронхиальной проходимости на уровне средних и мелких бронхов. Последнее обеспечивается в первую очередь усилением дыхательных мышц. У нетренированных лиц бронхоспастических реакций при физической нагрузке не выявлено, скорость воздушного потока возрастает на всех уровнях бронхиального дерева.

Ключевые слова: дыхание; вентиляция легких; физическая нагрузка; спортсмены.

Введение. Проблема оптимизации функционального состояния организма человека в условиях напряженной мышечной деятельности продолжает оставаться ведущей проблемой спортивной физиологии. Особую актуальность эта проблема приобретает в аспекте оценки функциональных возможностей организма спортсменов в процессе адаптации к специфической мышечной деятельности, когда спортивная тренировка должна быть направлена на повышение функциональных резервов, их готовности к мобилизации и на увеличение работоспособности [1, 2].

В этой связи закономерное развитие получило представление о функциональной подготовленности организма спортсменов, которая рассматривается как базовое, многокомпонентное свойство организма, сущностью которого является уровень совершенства физиологических механизмов и их готовность в нужный момент обеспечить проявления всех необходимых для специфической деятельности качеств, прямо или косвенно обуславливающее физическую работоспособность. При этом роль тех или иных компонентов, совершенство регуляторных механизмов, уровень развития функциональных свойств и характеристик, а также их сочетание и взаимообусловленность могут быть весьма специфичными для каждого конкретного вида деятельности и различными на отдельных этапах адаптации к ней [3, 4].

Известно, что совершенство физиологических механизмов, лежащих в основе функциональных возможностей организма, в большой мере определяется такими показателями, как мощность, подвижность, мобилизация, экономичность и устойчивость. При этом, выступая как качественные характеристики функционирования физиологических систем, именно они наиболее полно и адекватно отражают уровень физической работоспособности, являющейся интегративным показателем функциональной подготовленности спортсмена [1].

Одним из важнейших показателей состояния спортивной работоспособности является функциональное состояние системы внешнего дыхания. Влияние физических нагрузок разной интенсивности на организм человека отражается в первую очередь на кар-

дио-респираторной системе, поскольку данная система обеспечивает адаптацию организма к различным воздействиям и отражает динамику восстановительных процессов [5].

Во время занятий циклическими видами спорта расходуется большое количество энергии, а сама работа выполняется с высокой интенсивностью. Эти виды спорта требуют поддержки метаболизма, специализированного питания, особенно на длинных дистанциях, когда происходит переключение энергетических источников с углеводных (макроэргических фосфатов, гликогена, глюкозы) на жировые. Контроль гормональной системы этих видов обмена веществ имеет существенное значение как в прогнозировании, так и в коррекции работоспособности фармакологическими препаратами. Высокий результат в этих видах спорта в первую очередь зависит от функциональных возможностей сердечно-сосудистой и дыхательной систем, устойчивости организма к гипоксемическим сдвигам, волевой способности спортсмена противостоять утомлению.

При исследовании функционального состояния системы внешнего дыхания у спортсменов важно различать понятия «функциональные возможности» и «функциональные способности». Так, величина жизненной емкости легких (ЖЕЛ) указывает только на потенциальные возможности роста дыхательного объема (ДО) при физической нагрузке. Величина минутной вентиляции легких (МВЛ) показывает, в какой мере эти возможности используются в действительности [5].

При традиционном врачебном осмотре систему дыхания изучают после сердечно-сосудистой системы, главной системы жизнеобеспечения организма. По мере того как увеличивается мощность выполняемой физической нагрузки, прекращается рост потребления кислорода (как только минутный сердечный объем достигает своего предела). Минутный сердечный объем является фактором, который ограничивает способности кислородтранспортной системы в целом [6].

Однако многочисленные факты свидетельствуют, что максимальное потребление кислорода (МПК) и, соответственно, физическая работоспособность, опре-

деленные в лабораторных условиях, при свободном беге на тредбане или работе на велоэргометре, не отражают истинного состояния спортсмена. В ряде реальных ситуаций спортивной деятельности такая ограничивающая роль может переходить к системе внешнего дыхания. Объем функционального мертвого дыхательного пространства резко увеличивается вследствие снижения вентиляции при продолжающихся статических или динамических напряжениях. В выключенных из вентиляции зонах легких некоторое время сохраняется значительный кровоток. Развивается гипоксемия, которая за несколько секунд достигает больших степеней. Насыщение падает до 65–70% и ниже [7].

Существует тесная зависимость скорости снижения оксигенации при задержке дыхания от интенсивности окислительно-восстановительных процессов в организме. Глубокое дыхание далеко не всегда является рациональным. Глубокий вдох, особенно совершенный форсированно, за укороченное время, значительно увеличивает объемную скорость потока воздуха в воздухоносных путях. В конечном итоге растет функциональное мертвое дыхательное пространство и снижается за счет этого эффективность вентиляции [8].

Кроме того, возможна произвольная гиповентиляция при физической нагрузке достаточно широкого диапазона. Возможно стойкое закрепление навыка гиповентиляционного режима дыхания, т.е. перевода его в произвольный режим регулирования. Это снижает не только энергетические, но и регуляторные затраты на рабочие гиперпнозы, что обуславливает оптимизацию дыхания в целом [9, 10].

Все изложенное свидетельствует об актуальности исследования реакции дыхательной системы на физическую нагрузку у спортсменов в зависимости от уровня подготовленности.

Цель: изучить влияние физической нагрузки на состояние вентиляционной функции легких у спортсменов.

Объект исследования. В исследовании принимали участие 40 мужчин в возрасте от 18 до 20 лет. 20 человек, регулярно тренирующихся в циклических видах спорта и имеющих звания кандидата или мастера спорта, составили основную группу (группу спортсменов). Группу контроля (ОФП) составили 20 юношей, не занимающиеся профессиональным спортом и не имеющие ранее спортивных разрядов. Все обследованные относились к основной медицинской группе, не имели хронических заболеваний.

Методы исследования. Исследование проводилось на аппаратно-программном комплексе «Валента» для проведения исследований функциональной диагностики сердечно-сосудистой, респираторной и нейрорегуляторной систем организма. Проводилось спирометрическое и пневмотахографическое исследование до и после нагрузочного теста PWC170. Определялись жизненная емкость легких (ЖЕЛ, л), форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ, л), объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ1, л), резервный объем вдоха (РО_{вл}), резервный объем выдоха (РО_{вд}), дыхательный объем (ДО, л), средняя объемная скорость в интервале между 25 и 75% ФЖЕЛ (СОС 25–75, л/с), средняя объемная скорость в интервале между 75 и 85% ФЖЕЛ (СОС 75–85, л/с), скорость экспира-

торного воздушного потока – пиковый экспираторный поток (ПОС), максимальная объемная скорость выдоха 25% от объема форсированного выдоха (МОС 25, л/с), максимальная объемная скорость выдоха 50% от объема форсированного выдоха (МОС 50, л/с), максимальная объемная скорость выдоха 75% от объема форсированного выдоха (МОС 75, л/с), максимальная объемная скорость выдоха 85% от объема форсированного выдоха (МОС 85, л/с), индекс Тиффно. Результаты обрабатывались методами вариационной статистики с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждения. В первой части работы анализировалось влияние физической нагрузки на легочные объемы и емкости. При исследовании параметров спирометрии у спортсменов было выявлено значительное увеличение ЖЕЛ после нагрузочного теста PWC170, наблюдался прирост ЖЕЛ после нагрузки в 1,7 раза (рис. 1). В группе ОФП значительного прироста ЖЕЛ и ФЖЕЛ не наблюдалось. Объем форсированного выдоха за 1 секунду достоверно увеличился только в группе ОФП после нагрузочного теста PWC170.

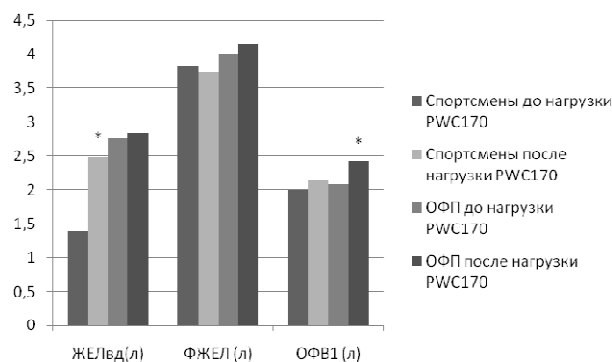


Рис. 1. Изменение легочных емкостей под влиянием физической нагрузки у спортсменов и нетренированных лиц.

* Достоверность различий в группах до и после нагрузочного теста PWC170 ($p < 0,05$)

Увеличение ЖЕЛ может быть связано с повышенной эластичностью легких у спортсменов. Регулярные физические нагрузки, сопровождающиеся усилением легочной вентиляции и циркуляции, приводят к повышению эластичности легочной ткани. Тренировка дыхательных мышц способствует увеличению эластичности внелегочных элементов грудной клетки. Рост эластичности легочной ткани сочетается с увеличением диффузной способности легких.

В группе спортсменов после физической нагрузки отмечался существенный прирост резервного объема вдоха, резервный объем выдоха не изменялся (рис. 2). Дыхательный объем также оставался неизменным. Это также подтверждает, что механизм увеличения ЖЕЛ связан именно с факторами эластичности.

В группе ОФП после нагрузочного теста PWC170 наблюдается достоверное снижение РО_{вд} и увеличение РО_{вд}. При этом в обеих группах после нагрузочного теста PWC170 не наблюдается достоверных изменений дыхательного объема. Таким образом, в группе ОФП перестройка структуры дыхательного цикла после физической нагрузки связана со смещением его «вверх», что приводит к увеличению невентилируемого пространства и свидетельствует о низкой эффективности дыхания.

Во второй части работы исследовалось влияние физической нагрузки на пневмотахографические показатели, характеризующие состояние воздухоносных путей. У спортсменов после нагрузочного теста PWC170 наблюдается снижение пиковой объемной скорости выдоха (ПОС), в группе ОФП достоверно увеличивается после нагрузочного теста PWC170 (рис. 3). После нагрузочного теста PWC170 в группе ОФП наблюдается увеличение максимальной объемной скорости на уровне мелких, средних и крупных бронхов (МОС25, МОС50, МОС75), в группе спортсменов значительных изменений не происходит. В группе спортсменов наблюдается снижение МОС25 и увеличение МОС85 (рис. 4).

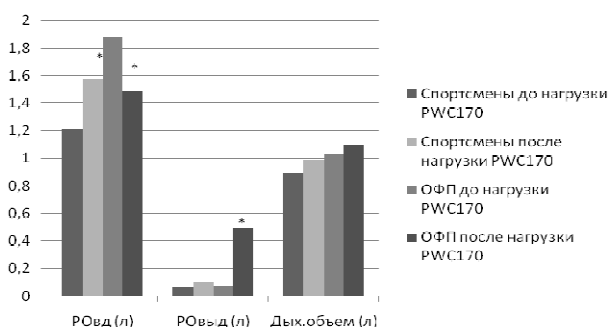


Рис. 2. Изменение дыхательного и резервных легочных объемов под влиянием физической нагрузки у спортсменов и нетренированных лиц.
* Достоверность различий в группах до и после нагрузочного теста PWC170 ($p < 0,05$)

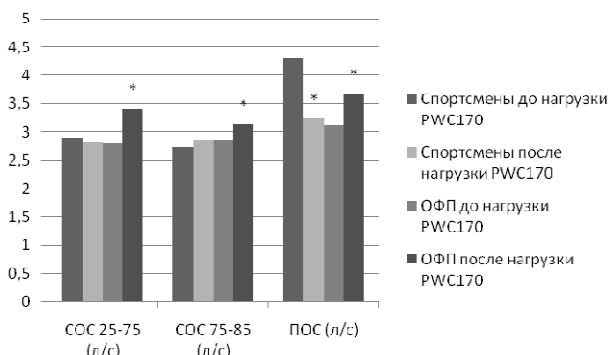


Рис. 3. Изменение пиковой и средних объемных скоростей выдоха под влиянием физической нагрузки у спортсменов и нетренированных лиц. * Достоверность различий в группах до и после нагрузочного теста PWC170 ($p < 0,05$)

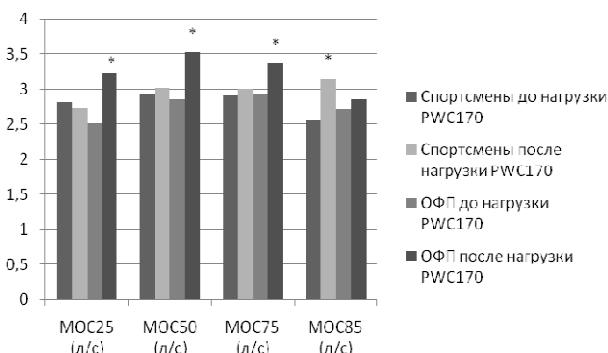


Рис. 4. Изменение максимальных скоростей на разных уровнях выдоха под влиянием физической нагрузки у спортсменов и нетренированных лиц. * Достоверность различий в группах до и после нагрузочного теста PWC170 ($p < 0,05$)

Средняя объемная скорость в интервале между 25–75% и 75–85% ФЖЕЛ в группе спортсменов достоверных различий не имеет, а в группе ОФП выявлено достоверное увеличение. ПОС_{выд} и МОС25 характеризуют в основном сопротивление крупных дыхательных путей и не зависят от усилия дыхательных мышц. МОС75 и МОС75–85 отражают сопротивление мелких бронхов и в значительной степени зависят от работы дыхательных мышц. Достоверные различия значений отмечаются и в расчетных показателях респираторной системы (индекс Тиффно). В группе спортсменов он достоверно снижается после нагрузочного теста PWC170, а в группе ОФП – напротив, возрастает (рис. 5).

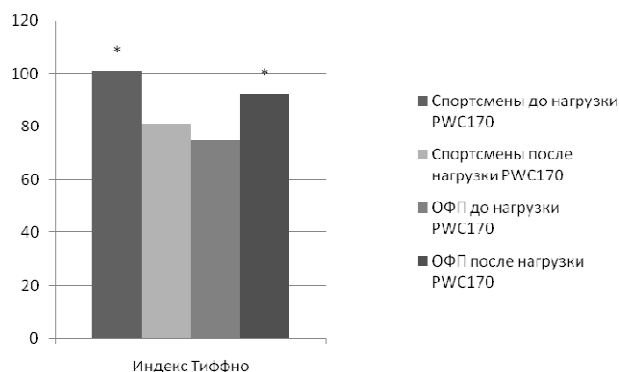


Рис. 5. Изменение индекса Тиффно под влиянием физической нагрузки у спортсменов и нетренированных лиц.
* Достоверность различий в группах до и после нагрузочного теста PWC170 ($p < 0,05$)

Индекс Тиффно (отношение объема, выдыхаемого за первую секунду форсированного выдоха, выполняемого из положения максимального вдоха, к ЖЕЛ) является классическим тестом, с помощью которого выявляется наличие бронхиальной обструкции. В норме составляет 70–85%. Снижение индекса Тиффно до 55% свидетельствует об умеренных нарушениях бронхиальной проходимости, от 54 до 40% – говорит о значительных, ниже 40% – о резких нарушениях.

Полученные результаты свидетельствуют, что в обследованных группах имеет место противоположно направленная реакция воздухоносных путей на физическую нагрузку. У нетренированных лиц (группа ОФП) мы наблюдаем увеличение бронхиальной проходимости на всех уровнях. По видимому, расширение бронхов является компенсаторным механизмом, способствующим улучшению легочной вентиляции. Механизм его может быть связан с адренергическими влияниями – как нервными, так и гуморальными. Физическая нагрузка, являющаяся мощным стрессовым фактором, сопровождается избыточной активацией симпатического звена и выбросом адреналина из надпочечников.

В группе спортсменов после физической нагрузки отмечено снижение бронхиальной проходимости на уровне крупных бронхов, о чем свидетельствует снижение ПОС и МОС 25, а также индекса Тиффно. Механизмы этого явления до конца не выяснены. Повышенную склонность к бронхоспазму у спортсменов, тренирующихся на выносливость, описывают многие авторы, обозначая ее как «астму физической

нагрузки». Возможно, у спортсменов физическая нагрузка уже не играет роль мощного стрессора, выброс адреналина при нагрузке у них не столь значителен, что и приводит к повышению тонуса бронхиальных гладких мышц. С точки зрения механики дыхания снижение бронхиальной проходимости может быть связано с эффектом эжекции, т.е. со снижением давления на стенку бронхов при увеличении скорости воздушного потока за счет увеличения активности дыхательных мышц.

В то же время более эффективная работа дыхательных мышц отражается в увеличении МОС75 и МОС85 у спортсменов. Эти показатели, отражающие состояние мелких бронхов, в значительной степени зависят от мышечного усилия. Вероятно, этот механизм у спортсменов компенсирует фактор сужения крупных бронхов.

Полученные результаты свидетельствуют, что у спортсменов и нетренированных лиц наблюдается разнонаправленная реакция системы дыхания на физическую нагрузку. У спортсменов после физической работы отмечается существенный прирост жизненной емкости легких и резервного объема вдоха, тогда как у нетренированных лиц жизненная емкость легких после нагрузки не изменяется, а прирост резервного объема выдоха сопровождается адекватным снижением резервного объема вдоха. По-видимому, у спортсменов высокая эла-

стичность легочной ткани и грудной клетки обеспечивает высокие резервные возможности легочной вентиляции. У нетренированных лиц таких возможностей нет, и реакция дыхательной системы ограничена.

После физической нагрузки у спортсменов наблюдается снижение скорости воздушного потока на уровне крупных бронхов, что компенсируется увеличением бронхиальной проходимости на уровне средних и мелких бронхов. Последнее обеспечивается в первую очередь усилением дыхательных мышц. У нетренированных лиц бронхоспастических реакций при физической нагрузке не выявлено, скорость воздушного потока возрастает на всех уровнях бронхиального дерева.

Таким образом, спортивная тренировка в циклических видах спорта формирует ряд факторов, некоторые из которых негативно влияют на легочную вентиляцию, ограничивая возможности кардиореспираторной системы. Одновременно формируются механизмы, компенсирующие эти негативные влияния и позволяющие обеспечивать потребности организма в кислороде на пике физической нагрузки. Учет этих факторов и разработка специальных тренировочных программ, направленных на их оптимизацию, будут способствовать увеличению функциональных способностей системы дыхания и как следствие – росту спортивных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбанёва Е.П., Чёмов В.В., Шамардин А.А. и др. Физиологические основы функциональной подготовки спортсменов. Волгоград, 2010. 346 с.
2. Каплевич Л.В. Физиологический контроль технической подготовленности спортсменов // Теория и практика физической культуры. 2010. № 11. С. 12–15.
3. Горбанёва Е.П., Камчатников А.Г., Солопов А.И. и др. Оптимизация функции дыхания посредством тренировки с дополнительным резистивным сопротивлением // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2011. Т. 97, № 1. С. 83–90.
4. Лисовский Б. Особенности внешнего дыхания у студентов с разным уровнем соматического здоровья // Вестник Львовского университета. 2009. № 51. С. 212–217.
5. Коцан И.Я., Крамаревич Т.В. Особенности функции внешнего дыхания у молодежи постпубертатного периода онтогенеза // Физика живого. 2008. Т. 16, № 1. С. 161–165.
6. Каплевич Л.В., Кабачкова А.В., Смирнов В.С. и др. Мониторинг функционального состояния студентов при использовании спортивно ориентированных форм физического воспитания // Теория и практика физической культуры. 2008. № 10. С. 29–31.
7. Агаджанян Н.А. Адаптация к гипоксии и биоэкономика внешнего дыхания. М.: УДН, 1987. 186 с.
8. Вилмор Дж.Х., Костил Д.Л. Физиология спорта. К.: Олимпийская литература, 2003. 656 с.
9. Каплевич Л.В., Пеккер Я.С., Баранова Е.А. Влияние капнографической тренировки с биологической обратной связью на физическую работоспособность и гемодинамику у спортсменов // Бюллетень сибирской медицины. 2012. Т. 11, № 4. С. 39–43.
10. Каплевич Л.В., Пеккер Я.С., Баранова Е.А. Характеристика регионарного кровотока и физической работоспособности спортсменов при капнографической тренировке с биологической обратной связью // Теория и практика физической культуры. 2012. № 8. С. 31–34.

Статья представлена научной редакцией «Психология и педагогика» 27 июня 2013 г.