

УДК 612.172/57.017.32

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ГИПОКСИЧЕСКИ-ГИПЕРКАПНИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ У ФУТБОЛИСТОВ 15–16 ЛЕТ

Минина Е. Н., Курбетдинова З. Р.

*ФГОАУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского»,
Таврическая академия, Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: cere-el@yandex.ua*

Проведено исследование 15 практически здоровых подростков 15–16 лет, занимающихся футболом. Использовалась гипоксически-гиперкапническая тренировка, которая является эффективным коррекционным средством функционального состояния кардиореспираторной системы и влияет на различные звенья в расширении адаптационных резервов организма обследуемых, обеспечивая увеличение физической работоспособности. Гипоксически-гиперкапническая тренировка способствовала расширению эффективности функционирования респираторной системы, что поднимало порог перехода на анаэробное обеспечение. Оптимизация газового гомеостаза после курса респираторной тренировки у спортсменов-футболистов приводила к более адекватному функционированию кардиогемодинамики на фоне снижения напряжения механизмов регуляции при выполнении ступенчато увеличивающейся физической нагрузки. ИН, характеризующий степень напряжения механизмов регуляции у футболистов 15–16 лет после респираторной тренировки, был значительно снижен (более чем на 50 %) как в покое ($p < 0,05$), так и при увеличении внешней нагрузки ($p < 0,001$) и в восстановительном периоде ($p < 0,001$).

Гипоксически-гиперкапническая тренировка, являясь эффективным коррекционным средством функционального состояния кардиореспираторной системы, влияла на различные звенья в расширении адаптационных резервов организма и обеспечивала увеличение физической работоспособности в среднем с 17,1 до 19,0 кгм/мин/кг ($p < 0,05$).

Ключевые слова: гипоксия, гиперкапния, обратное дыхание, кардиореспираторная система.

ВВЕДЕНИЕ

В современном спорте все шире используются новые методы тренировки и оптимизации функционирования организма, основанные на фундаментальных физиологических исследованиях. Как известно, достижение высокой эффективности тренировочного процесса, а впоследствии и высокого результата в соревновательной деятельности спортсменов, является одной из актуальных проблем и первостепенной задачей спортивной медицины и физической реабилитации. Поиск новых методик и средств совершенствования системы подготовки может быть связан с моделированием условий изменённой газовой среды вдыхаемого воздуха в качестве тренирующего фактора [1, 2].

Одним из таких методов является гипоксически-гиперкапническая тренировка, основанная на стимулирующем и адаптирующем действии дыхания воздухом с уменьшенным содержанием кислорода и повышенным содержанием углекислого газа. Измененная газовая среда, как мощный стимул корригирующих влияний на

организм, находит довольно широкое практическое применение [3]. Особенно активно в последние десятилетия изучается адаптация к кислородной недостаточности, так как энергетические превращения в организме осуществляются при участии кислорода, а гипоксические состояния, изменяя соотношение между потреблением кислорода и энергетическими тратами, играют важную роль в формировании приспособительных реакций. Гипоксию следует рассматривать как фактор повышения неспецифической резистентности организма [4, 5]. Другой возможностью целенаправленного влияния на физиологические функции человека является применение гиперкапнических стимулирующих воздействий. Метаболическая углекислота, конечный продукт обмена веществ, играет важную роль в обеспечении биохимических реакций, так как является уникальным стимулятором центральной нервной системы, сосудистого тонуса, гемодинамики а также главным фактором в регуляции функций дыхания и газообмена [1–4]. Дыхание гиперкапническими газовыми смесями способствует проявлению феномена «запирания» метаболической углекислоты, в результате чего содержание CO_2 в артериальной крови значительно увеличивается, влияя на скорость диссоциации оксигемоглобина. В этой связи профилактическое значение гиперкапнических воздействий проявляется в ликвидации гипоксии тканей.

Наиболее доступной формой такого рода влияний может быть применение метода возвратного дыхания [4].

В связи с вышесказанным **целью** исследования явился анализ коррекционных эффектов 10 дневного курса дыхательных тренировок у спортсменов-футболистов 15–16 лет с использованием тренажёра обратного дыхания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 15 практически здоровых подростков 15–16 лет, занимающихся футболом.

Для моделирования необходимого соотношения газов применяли возвратное дыхание с объёмом ёмкости 15 литров с использованием тренажёра [6]. Курс состоял из 10 тренировок в состоянии покоя в вечернее время, после основной физической тренировки. В каждой тренировке выполнялись три подхода по 5, 6 и 7 минут соответственно с 5-минутным перерывом между подходами.

Тренажёр возвратного дыхания используется для дыхания, при котором выдыхаемый воздух поступал в замкнутый объём и вновь вдыхался. При использовании этого тренажёра в течение 5–9 минут фракционная концентрация углекислого газа в баллоне увеличивалась до 6–7%, а кислорода снижалась до 16 %.

Для решения поставленных задач в первый и последний день коррекционных мероприятий определяли реакцию кардиореспираторной системы на физическую нагрузку при проведении теста PWC170 и в восстановительном периоде. Измеряли частоту дыхания (f , цикл/мин), показатель неравномерности дыхания (UB , %), долю мёртвого пространства в общей вентиляции (V_d/V_E , %), конечно-эспираторное парциальное давление CO_2 , ($P_{et}\text{CO}_2$, мм рт.ст.).

Регистрацию и анализ ЭКГ в фазовом пространстве проводили с помощью программно-технического комплекса Фазаграф[®], в котором реализована оригинальная информационная технология обработки электрокардиосигнала в фазовом пространстве с использованием идей когнитивной компьютерной графики и методов автоматического распознавания образов [7]. Пальцевые электроды комплекса позволяют быстро фиксировать сигнал и не затрудняют нагрузочное тестирование. Анализировали следующие параметры: ЧСС (уд/мин), симметрию зубца Т (βT , ед), амплитуду моды (AMo , %), коэффициент вагосимпатического баланса (LF/HF , ед), индекс напряжения (ИН, усл.ед), который автоматически вычислялся по формуле $ИН = AMo / (2\Delta x * Mo)$, где Mo – число наиболее часто встречающейся продолжительности R-R интервалов среди 100 последовательных за 100 R-R интервалов в секундах; AMo – количество значений Mo за 100 R-R интервалов; Δx – разность максимального и минимального значения R-R интервалов за 100 R-R интервалов). Определяли уровень физической работоспособности ($PWC170/kg$).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью программного пакета STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc., USA). Оценки расхождения распределений признаков проводились с помощью критерия согласия Колмогорова – Смирнова. Для оценки достоверности различий между одноименными показателями у исследуемых до и после рекреационных мероприятий и при увеличении внешней нагрузки использовали непараметрический Т-критерий Wilcoxon. При условии нормального распределения применяли параметрический t-критерий Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Система по обеспечению организма кислородом, приводящая к мобилизации органы кровообращения и дыхания, которые можно рассматривать как две транспортные системы, выполняющие единую функцию организма – его газообмен, имеет первостепенное значение. Поэтому с целью изучения срочных адаптационных реакций кардиореспираторной системы спортсменов-футболистов были проведены исследования сердечно-сосудистой системы, внешнего дыхания и газообмена при нагрузке повышающейся мощности на велоэргометре. О функциональном состоянии аппарата внешнего дыхания можно судить по величине легочных объемов, по ритму, глубине, частоте дыхания (табл. 1).

Как видно из таблицы, у обследуемых наблюдались показатели, соответствующие возрастной норме, а при выполнении физической нагрузки второй степени было зафиксировано увеличение частоты дыхания более чем в два раза ($p < 0,001$) на фоне роста неравномерности дыхания на 85,6 % ($p < 0,05$). Полученные данные позволили заключить о доминировании психоэмоционального фактора в системе нейрогуморальной регуляции функции дыхания обследуемых.

Рассматривая динамику $PetCO_2$ у обследуемых футболистов прослеживалась закономерность увеличения его значений при выполнении первой нагрузки в среднем на 11,0 мм рт.ст. ($p < 0,001$) и преобладание гипокапнического типа вентилиации при выполнении второй нагрузки ($p < 0,001$). Также было отмечено, что

при увеличении мощности выполняемой нагрузки процент мёртвого пространства оставался стабильным, что указывало на не эффективную работу внешнего дыхания.

Таблица 1
Фоновые показатели внешнего дыхания у футболистов 15-16 лет в покое и при увеличении внешней нагрузки ($x \pm Sx$), n=15

| Условия | Показатели | | | |
|----------------|-------------|-----------|-------------------------------|----------|
| | f, цикл/мин | UB, % | PetCO ₂ , мм рт.ст | Vd/VE,% |
| покой | 18,5±1,3 | 22,5±6,9 | 41,9±1,4 | 29,1±1,6 |
| 1 нагрузка | 23,5±1,6 | 20,5±5,8 | 52,1±1,4*** | 24,9±1,8 |
| 2 нагрузка | 44,5±3,8*** | 40,5±6,4* | 32,1±1,5*** | 30,4±3,8 |
| восстановление | 20,1±1,3 | 16,4±3,4 | 38,9±1,8 | 25,0±1,1 |

Примечание: * – различия показателей достоверны по сравнению покоем (p<0,05); *** – (p<0,001)

При первичном обследовании у подростков регистрировались показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Как видно из таблицы 2, при повышении нагрузки наблюдался рост ЧСС с увеличением ко второй на 95 % (p<0,001).

Таблица 2
Фоновые показатели сердечно-сосудистой системы у футболистов 15–16 лет в покое и при увеличении внешней нагрузки ($x \pm Sx$), n=15

| Условия | Показатели | | | | |
|----------------|--------------|-----------------|--------------------|---------------|------------|
| | ЧСС, уд/мин | βT , ед. | СКО βT , мс | ИН, ед. | HF/LF, ед. |
| покой | 81,3±2,3 | 0,65±0,03 | 0,10±0,01 | 86,7±13,0 | 1,7±0,4 |
| 1 нагрузка | 114,7±3,3*** | 0,90±0,04*** | 0,15±0,01*** | 236,7±20,5*** | 3,0±0,4** |
| 2 нагрузка | 167,7±4,5*** | 1,20±0,05*** | 0,15±0,02*** | 562,5±53,9*** | 2,9±0,3** |
| восстановление | 113,2±1,5*** | 0,79±0,05** | 0,13±0,02 | 800,5±93,6*** | 3,2±0,5*** |

Примечание: * – различия показателей достоверны по сравнению покоем (p<0,05); ** – (p<0,01); *** – (p<0,001)

В восстановительном периоде наблюдалось сохранение высоких значений ЧСС: выше на 35 % по отношению к покою (p<0,001). Такая динамика этого показателя может быть связана с периодом тренировочного процесса и утомлением и свидетельствовать о сниженном резерве адаптации.

Как видно из таблицы, ИН, отражая степень регуляторной адекватности, увеличиваясь более чем в два раза на каждой ступени нагрузочного теста и в восстановительном периоде ($p < 0,001$), свидетельствовал о значительном напряжении механизмов регуляции. Вероятно, вклад симпатического звена вегетативной регуляции превышал необходимую норму. Об этом можно судить по показателю вагосимпатического баланса (HF/LF), который увеличивался в среднем на 85 % ($p < 0,01$) на обеих ступенях нагрузочного теста и на 95 % ($p < 0,001$) в восстановительном периоде.

У исследованных футболистов исходный показатель βT , отражающий степень увеличения напряжения миокарда и качества процессов реполяризации [8, 9], в покое был в пределах нормы, при этом на первой нагрузке увеличивался на 32,4 % ($p < 0,01$) и на 95,3 % на второй ($p < 0,001$). Соответственно был выявлен рост показателя СКО βT .

Таким образом, при анализе фоновых показателей при увеличении физической нагрузки выявлена неэкономичная работа дыхательной системы на фоне напряженной работы механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы, проявляющей себя в повышении напряжения механизмов регуляции, снижении резервов миокарда, затяжном периоде восстановления, а также ярко выраженном компенсаторно-вентиляторном процессе.

У спортсменов-футболистов проведённая респираторная коррекция сопровождалась формированием паттерна дыхания, характеризующегося уменьшением частотных составляющих, что представлялось энергетически выгодным с точки зрения обеспечения приспособительного эффекта. Было отмечено уменьшение прироста f при выполнении второй нагрузки на 40,2 % ($p < 0,001$) (рис.1. А), вероятно, связанное с оптимизацией респираторной регуляции на фоне стабилизации психоэмоционального состояния по показателю неравномерности дыхания (рис.1. Б).

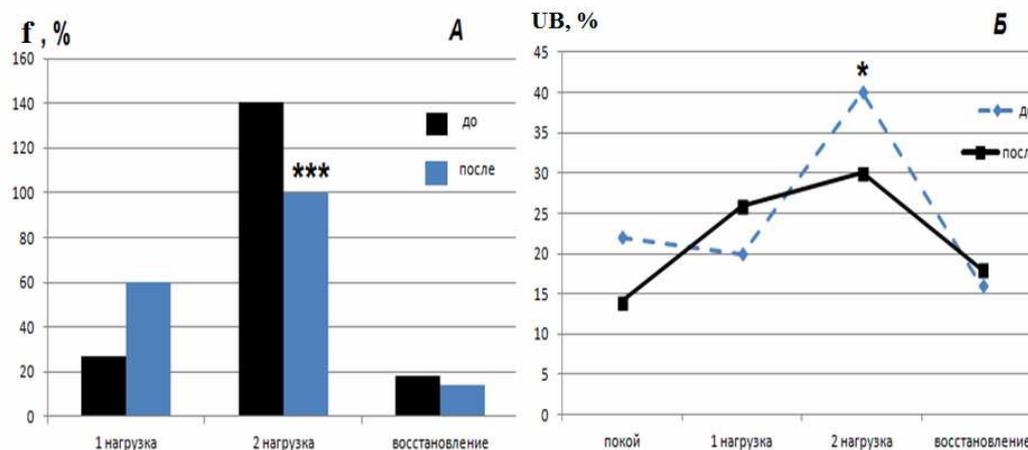


Рис.1. Прирост (%) частоты дыхательных движений (f , цикл/мин) (А) и динамика показателя неравномерности дыхания (UB, %) при увеличении внешней нагрузки и в восстановительном периоде до и после курса респираторной тренировки.

Примечание: * – различия показателей достоверны по сравнению покоем ($p < 0,05$); *** – ($p < 0,001$)

Формирование брадипноического паттерна дыхания как в покое, так и при нагрузке сопровождалось более эффективным функционированием по показателю задействования мёртвого пространства в среднем на 12,4 % ($p < 0,01$) на первой нагрузке и на 17,6 % ($p < 0,001$) на второй нагрузке, что свидетельствовало о значительном расширении функциональных резервов организма (рис. 2).

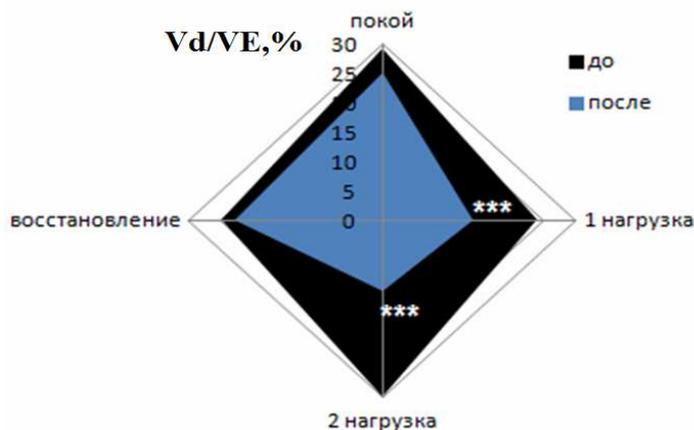


Рис.2. Изменение мертвого пространства (V_d/V_E , %) при увеличении внешней нагрузки и в восстановительном периоде до и после курса респираторной тренировки. Примечание: *** – различия показателей достоверны по сравнению покоем ($p < 0,001$)

С ростом эффективности вентиляции улучшались и условия для газообмена в лёгких. Изменение показателей $P_{et}CO_2$ напрямую связано с уровнем газообмена и вентиляторной реакцией и определяет направленность приспособления внешнего дыхания в связи с меняющимися условиями (рис. 3).

Вероятно, такую резкую смену динамики $P_{et}CO_2$ до коррекции можно связать с прохождением точки респираторной компенсации. Точкой респираторной компенсации обозначается момент усиления вентиляции по углекислоте (дыхательная компенсация) на фоне непрерывно возрастающей физической нагрузки в ответ на развитие ацидоза в крови, который, в свою очередь, возникает благодаря лимиту возможностей буферных систем крови. При этом количество энергии, образующееся аэробным путем, не увеличивается, а ее прирост обеспечивается усилением анаэробных механизмов, объем вентиляции повышается по отношению к объему выделенной CO_2 , и $P_{et}CO_2$ резко снижается. Снижение выраженности процессов компенсации после респираторной коррекции свидетельствовало об оптимизации метаболических процессов.

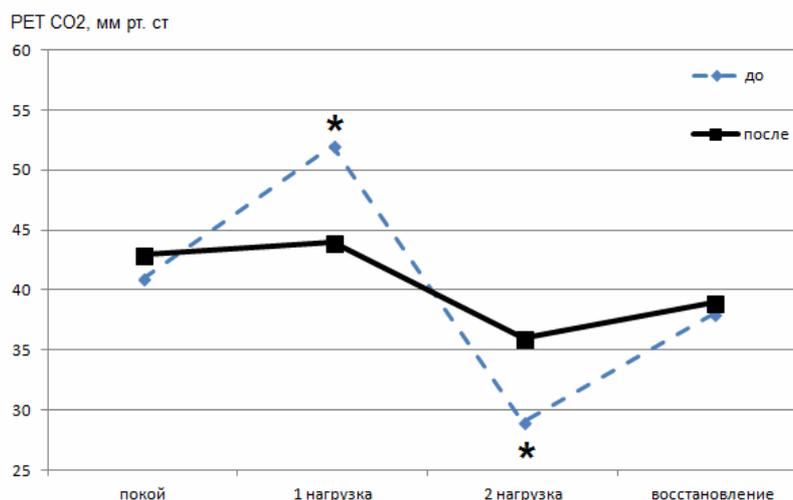


Рис.3. Динамика PetCO₂ в покое, при увеличении внешней нагрузки и в восстановительном периоде до и после курса респираторной тренировки.
Примечание: * – различия показателей достоверны по сравнению покоем (p<0,05)

Таким образом, выявленные изменения в системе внешнего дыхания в виде удержания нормокапнического типа вентиляции при увеличении внешней нагрузки (уменьшение в среднем PetCO₂ на 8 мм рт. ст. [p<0,05] на первой нагрузке и увеличение на 6 мм рт. ст. [p<0,05] на второй) свидетельствовали с одной стороны о росте возможностей для обеспечения адекватного кислородного режима организма футболистов, а с другой стороны – о создании условий для поддержания изокапнического уровня CO₂. Гипоксически-гиперкапническая тренировка способствовала расширению эффективности функционирования респираторной системы, что поднимало порог перехода на анаэробное обеспечение.

Также были зафиксированы положительные изменения в функционировании сердечно-сосудистой системы. В покое и на первой нагрузке показатели ЧСС оставались стабильными относительно значений до коррекционного курса, но при увеличении внешней нагрузки была выявлена более экономичная и оптимальная кардиогемодинамическая реакция. Так, при выполнении второй ступени нагрузочного теста ЧСС была снижена более чем на 20 % (p<0,001), а значение показателя симметрии зубца Т, отображающего резервы миокарда, – более чем на 26 % (p<0,001). Повышение потребности миокарда в кислороде, в том числе и при увеличивающейся нагрузке, приводят к ишемическим нарушениям, при возникновении которых страдают все процессы мембранного электрогенеза: возбудимость клеток миокарда, автоматизм биоэлектрических процессов в миокарде, и в том числе процессы реполяризации. В этой связи изменения процессов реполяризации, количественно выраженные ростом показателя симметрии зубца Т, могут давать информацию о способности миокарда потреблять кислород.

При этом СКО βT оказалась более чувствительным критерием определения резервов миокарда при их увеличении после курса респираторной тренировки. Снижение значения этого показателя в среднем на 0,4 ед. как в покое ($p < 0,01$), так и при выполнении физической нагрузки повышающей мощности ($p < 0,01$) и в восстановительном периоде ($p < 0,001$), отражало его информативность в определении оптимизации электрической стабильности миокарда и расширении функциональных резервов (рис. 4).

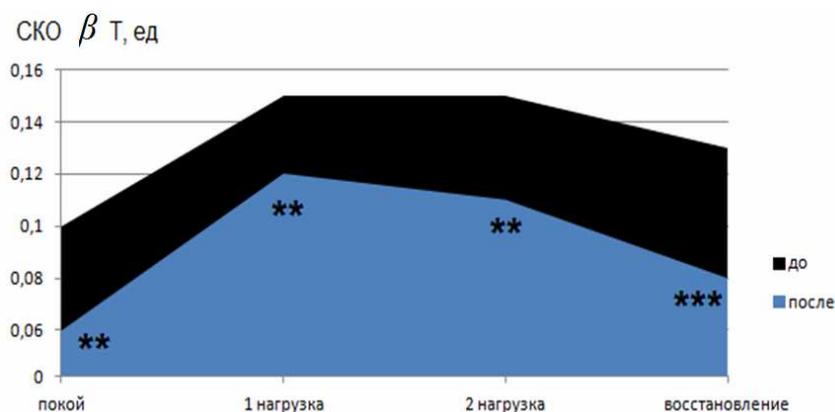


Рис. 4. Изменение СКО симметрии зубца Т (СКО βT , ед.) в покое, при увеличении внешней нагрузки и в восстановительном периоде до и после курса респираторной тренировки

Примечание: ** – различия показателей достоверны по сравнению покоем ($p < 0,01$); *** – ($p < 0,001$).

Также ИН, характеризующий степень напряжения механизмов регуляции у футболистов 15–16 лет после респираторной тренировки, был значительно снижен (более чем на 50 %) как в покое ($p < 0,05$), так и при увеличении внешней нагрузки ($p < 0,001$) и в восстановительном периоде ($p < 0,001$) (рис. 5).

Можно предположить, что после курса гипоксически-гиперкапнической тренировки произошло снижение вклада симпатического звена нервной системы и уменьшение централизации управления сердечно-сосудистой системой. Вероятно, оптимизация газового гомеостаза привела к более эффективной регуляции со значительным падением степени его напряжения. Таким образом, после курса респираторной тренировки у спортсменов-футболистов отмечалась оптимизация функционирования кардиогемодинамики на фоне снижения напряжения механизмов регуляции при выполнении ступенчато-увеличивающейся физической нагрузки, что привело к увеличению физической работоспособности в среднем с 17,1 до 19,0 кгм/мин/кг ($p < 0,05$).

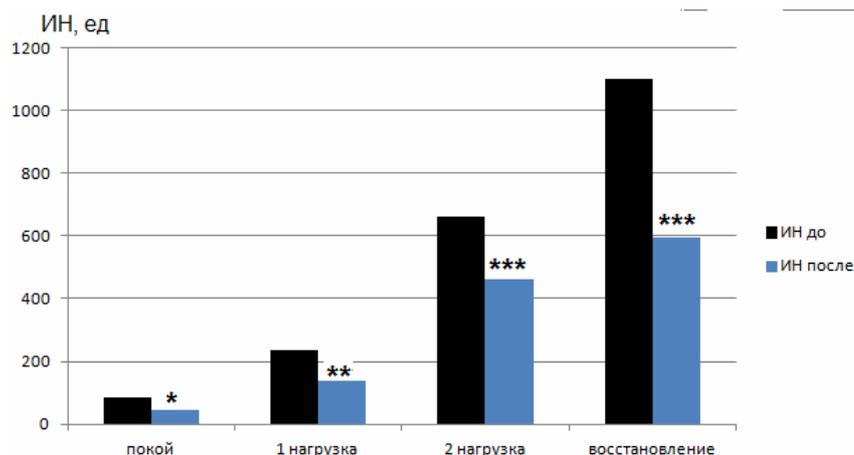


Рис. 5. Изменение ИИ в покое, при увеличении внешней нагрузки и в восстановительном периоде до и после курса респираторной тренировки.

Примечание: * – различия показателей достоверны по сравнению покоем ($p < 0,05$); ** – ($p < 0,01$); *** – ($p < 0,001$)

Таким образом, гипоксически-гиперкапническая тренировка, являясь эффективным коррекционным средством функционального состояния кардиореспираторной системы, в группах футболистов 15–16 лет влияла на различные звенья в расширении адаптационных резервов организма и обеспечивала увеличение физической работоспособности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исходный уровень характеризовался неэкономичной работой дыхательной системы на фоне напряжения механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы, проявляющих себя в повышенных показателях ИИ, симметрии зубца Т, затяжном периоде восстановления, а также ярко выраженным компенсаторно-вентиляторным процессом, что свидетельствовало о недостаточных адаптационных резервах в процессе выполнения физической нагрузки.
2. После респираторной тренировки наблюдалось уменьшение прироста f при выполнении второй нагрузки на 40,2 % ($p < 0,001$), более эффективное функционирование по показателю задействования мёртвого пространства на 12 % ($p < 0,01$) на первой нагрузке и на 17 % ($p < 0,001$) на второй нагрузке свидетельствовало о значительном расширении функциональных резервов организма. При этом было зафиксировано уменьшение в среднем $PetCO_2$ на 8 мм рт. ст. ($p < 0,05$) на первой нагрузке и увеличение на 6 мм рт. ст. ($p < 0,05$) на второй.
3. При выполнении второй ступени нагрузочного теста ЧСС была снижена более чем на 20 % ($p < 0,001$), а значение показателя симметрии зубца Т, отображающего резервы миокарда, – более чем на 26 % ($p < 0,001$). Снижение

СКО βT в среднем на 0,4 ед. как в покое ($p < 0,01$), так и при выполнении физической нагрузки повышающейся мощности ($p < 0,01$) и в восстановительном периоде ($p < 0,001$), отражало его информативность в определении оптимизации электрической стабильности миокарда и расширении функциональных резервов.

4. ИН, характеризующий степень напряжения механизмов регуляции у футболистов 15–16 лет после респираторной тренировки, был значительно снижен (более чем на 50 %) как в покое ($p < 0,05$), так и при увеличении внешней нагрузки ($p < 0,001$) и в восстановительном периоде ($p < 0,001$).
5. Гипоксически-гиперкапническая тренировка, являясь эффективным коррекционным средством функционального состояния кардиореспираторной системы, в группах футболистов 15–16 лет влияла на различные звенья в расширении адаптационных резервов организма и обеспечивала увеличение физической работоспособности в среднем с 17,1 до 19,0 кгм/мин/кг ($p < 0,05$).

Список литературы

1. Абросимов В. Н. Гипервентиляционный синдром в практике практического врача/ под ред. В. Н. Абросимова. – Рязань, 2001. – 136 с.
2. Шурьгин И. А. Мониторинг дыхания: пульсоксиметрия, капнография, оксиметрия/ под ред. И. А. Шурьгина. – СПб.: «Невский Диалект»; М.: «Издательство БИНОМ», 2000. – 301 с.
3. Антипов И. В. О возможности применения гипоксически-гиперкапнических газовых смесей для расширения функциональных возможностей системы дыхания / под ред. Антипов И. В. – Ульяновск, 2005. – 832 с.
4. Волков Н. Н. Современные методы гипоксической подготовки в спорте / Волков Н. Н., Мищенко С. А. – М.: ФиС, 1995. – 27 с.
5. Макарова Г. А. Спортивная медицина/ под ред. Г. А. Макаровой. – Учебник. – М.: Советский спорт, 2003. – 480 с.
6. Устройство для интервальной гипоксически-гиперкапнической тренировки организма человека. Решение о выдаче патента на полезную модель № 20141536613/12(085650) от 12.10.2015 Авторы Минина Е. Н., Белоусова И. М., Буков Ю. А.
7. Файнзильберг Л. С. Компьютерная диагностика по фазовому портрету электрокардиограммы / Л. С. Файнзильберг. – К. Освита Украины, 2013. – 190 с.
8. Минина Е. Н. Анализ волны Т ЭКГ в фазовом пространстве в определении функциональных резервов миокарда / Е. Н. Минина // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. – 2013. – Т. 26 (65), № 2, С. 148–153.
9. Минина Е. Н. Фазовый портрет одноканальной ЭКГ в оценке функциональных резервов сердечно-сосудистой системы / Е. Н. Минина, Л. С. Файнзильберг // Вестник новых медицинских технологий. – 2014 – 21-3. – С. 22–27.

**THE PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF HYPOXIC-HYPERCAPNIC TRAINING
FOOTBALL PLAYERS OF 15-16 YEARS**

Minina E. N., Kurbetdinova Z. R.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation
E-mail: cere-el@yandex.ua*

There was an examination of 15 healthy adolescents 15-16 years old, football players. We used the hypoxic-hypercapnic training, which is an effective mean of corrective functional condition of cardiorespiratory system and has influence on the various links in the expansion of adaptive reserves of the body and provides physical capacity increasing. Hypoxi-hypercapnic training helped the effectiveness growth of the respiratory system, which raised the threshold of transition to the anaerobic energy supply. Optimization of gas homeostasis as the result of a respiratory training of football-players led to a more adequate functioning of the cardiohemodynamics on the background of reduction in the tension of regulatory mechanisms in the course of gradually increasing physical load. The Load Index characterizing the degree of regulatory mechanisms tension of football-players of 15–16 years old after a respiratory training was considerably reduced by over 50 % both during the state of rest ($p<0.05$), in the course of increasing external load ($p<0.001$), and during the recovery period ($p<0.001$).

Being an effective correction means of the functional state of the cardiorespiratory system, the hypoxic and hypercapnic training had an influence on different parts in expanding the adaptive reserves of the body and provided for the exercise performance growth on average from 17.1 up to 19.0 kG·m / min / kg ($p<0.05$).

Keywords: hypoxia, hypercapnia, reverse breathing, cardio-respiratory system.

References

1. Abrosimov V. N. *Hyperventilation syndrome in the practice of general practitioner*, 136 p. (Ryazan, 2001).
2. Shurigin I. A. *Monitoring respiration: pulse oximetry, capnography, oximetry*, 301 p. (Nevsky Dialect, St. Petersburg; Binom Publishing, M, 2000).
3. Antipov I. V. *On the possibility of the use of hypoxic-hypercapnic gas mixtures to extend the functionality of the respiratory system*, 832 p. (Ulyanovsk, 2005).
4. Volkov N. N., Mishchenko S. A. *Modern methods of hypoxic training in the sport*, 27p. (FIS, M, 1995).
5. Makarova G. A. *Sports Medicine*, 480 p. (Soviet sports, M, 2003).
6. Minina E. N., Belousova I. M., Bukov Y. A. A device for intermittent hypoxic-hypercapnic training of the human body. The decision on granting a patent for utility model № 20141536613/12 (085650) (2015).
7. Fainzilberg L. S. *Computer diagnostics of phase portrait ECG*, 190 p. (Osvita of Ukraine, K, 2013).
8. Minina E. N. Analysis of ECG T-wave in the phase space in determining the functional reserves of the myocardium, *Scientific notes of Taurida National University named after V.I Vernadsky*, **26(65)**, 148 (2013).
9. Minina E. N., Fainzilberg L. S. The phase portrait of a single channel ECG in assessing the functional reserves of cardiovascular system, *Bulletin of new medical technologies*, **21(3)**, 22 (2014).

Поступила в редакцию 28.11.2015 г.