

СОСТОЯНИЕ КАРДИО-РЕСПИРАТОРНЫХ ФУНКЦИЙ ПРИ НАГРУЗОЧНОМ ТЕСТИРОВАНИИ ФУТБОЛИСТОВ ЮНИОРОВ

Ч.Р. Агамурадов¹, директор

О.С. Какабаева², канд. мед. наук, главный эксперт отдела международных отношений

С.А. Аманмаммедова¹, научный сотрудник лаборатории физического труда и прогнозирования здоровья

¹Международный научно-клинический центр физиологии

²Академия наук Туркменистана

(Туркменистан, г. Ашхабад)

DOI:10.24412/2500-1000-2025-3-1-73-77

Аннотация. В статье рассматривается функциональное состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем при выполнении дозированной физической нагрузки. В кардиопульмональном нагрузочном тестировании принимали участие 48 подростков в возрасте 15-16 лет, из них 24 юноши, занимающиеся футболом и 24 юноши которые не увлекаются спортом. Результаты кардиопульмонального нагрузочного тестирования свидетельствуют о том, что совершенствование профессиональных спортивных навыков без учета физиологических возможностей и функциональных резервов организма может не только привести к обострению имеющихся хронических заболеваний и травм, но и создает предпосылки для возникновения несчастных случаев. Поэтому так важно точно оперативно определять функциональное состояние спортсменов и своевременно вносить изменения в индивидуальные программы спортивной подготовки и назначать профилактические и восстановительные мероприятия индивидуально на основании результатов функционального тестирования, сезона года, особенностей и объема спортивной нагрузки, климатогеографических характеристик окружающей среды. Такой подход к организации тренировочного процесса обеспечивает возможность повышать эффективность соревновательной деятельности при сохранении здоровья и профессионального долголетия спортсменов.

Ключевые слова: подростки, спорт, кардиопульмональное тестирование, функциональное состояние, сердечно-сосудистая система, дыхательная система, физическая работоспособность, адаптационные и резервные возможности организма.

Для обеспечения здоровья спортсменов во время физических нагрузок крайне важно своевременно выявлять и устранять потенциальные риски. Необходимо также активно внедрять специализированные методы оценки работоспособности, тренированности и восстановления [6]. В условиях расширения детско-юношеского спорта, популяризации физической культуры среди всех возрастных групп и проведения большого количества спортивных мероприятий, вопросы медицинского сопровождения и разработки оптимальных тренировочных программ становятся особенно актуальными [7].

При работе с детьми и подростками следует учитывать особенности их возрастного развития, включая: ограниченные возможности сердечно-сосудистой системы; менее эффективное использование энергии; сниженную

способность удовлетворять потребность в кислороде; более низкие показатели максимального потребления кислорода (МПК) и короткое время его удержания; ограниченную способность выполнять аэробные нагрузки и более длительное время восстановления.

Кардиопульмональное тестирование признано «золотым стандартом» для функциональной оценки кардиореспираторной системы как в медицинской практике, так и в спорте высших достижений. Этот метод позволяет оценивать состояние кардиореспираторной системы непосредственно во время физической активности и независимо от внешних воздействий. Этот метод основан на использовании стандартизированных и точно дозированных физических нагрузок. Такие тесты позволяют выявлять нарушения толерантности к физической нагрузке и оценивать общий

уровень физической работоспособности независимо от внешних факторов [1, 3].

Цель работы – выявить уровень физической работоспособности у футболистов юниоров посредством кардиопульмонального нагрузочного тестирования.

Материал и методы

Исследования проводились на базе Международного научно-клинического центра физиологии в лаборатории прогнозирования здоровья и физиологии труда (г. Ашхабад). В тестировании принимали участие футболисты юниоры (n=24) в возрасте 15-16 лет. I группу составили футболисты (n=24, средний возраст $15,07 \pm 0,74$ лет). В группу сравнения вошли подростки, не занимающихся спортом (n=24, средний возраст $15,25 \pm 0,04$ лет).

Кардиопульмональное тестирование проводилось по протоколу Bruce. Длительность каждой нагрузочной ступени тредмила – 2 мин. Во время теста на каждой из 6 ступеней осуществлялось мониторирование ЭКГ, ЧСС, АД, показателей вентиляции легких и газоанализа. Критерии остановки пробы: отказ респондента от дальнейшего выполнения физической нагрузки в связи максимальным утомлением либо до появления общепринятых критериев прекращения нагрузочных исследований [8-11]. Проба с физической нагрузкой осуществлялась на системе эргоспирометрии Schiller. Заболеваний сердечно-сосудистой дыхательной и других систем, которые могли бы повлиять на результаты КПНТ, испытуемые не имели.

В работе определялись такие показатели КПНТ, как максимальное потребление кислорода ($VO_2 \max$); коэффициент поглощения кислорода на килограмм массы тела при максимальной нагрузке ($VO_2/kg \max$); максимальная аэробная производительность организма, характеризующая потребление кислорода за одну минуту на единицу массы тела или метаболический эквивалент (Mets); уровень кислородного пульса ($O_2 \text{ pulse max}$), ха-

рактеризующий количество кислорода, поступающее в ткани за один сердечный цикл; минутная вентиляция легких или дыхательный объем (VE), характеризующий общий объем вдыхаемого воздуха за одну минуту; частота дыхания (BF); дыхательный резерв (BR); вентиляционный эквивалент по углекислому газу ($VE/VCO_2 \text{ slope}$); соотношение потребления кислорода (VO_2) и выделения углекислого газа (VCO_2) к выполненной работе ($O_2/load \text{ slope}$). Совокупность указанных данных с электрокардиографическими параметрами, частотой сердечных сокращений (HR), результатами эхокардиографии и уровнем артериального давления (BP sys, BP dia) является той диагностической информацией, интерпретация которой помогает в лечении сложных сердечно-сосудистых и легочных заболеваний. Показатели анаэробного порога предсказывают физическую подготовленность и могут быть использованы для оценки и контроля уровня выносливости и степени тренированности организма [7-11]. Статистическая обработка данных выполнялась с помощью пакета программ «Statistica 5.0» и MS Excel. Результаты считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

При проведении эргоспирометрии случаев остановки пробы по медицинским показаниям не отмечено. В обеих группах дыхательный коэффициент на пике нагрузки более 1,1 ед., резерв частоты сердечных сокращений составил не более 6-8% от ожидаемого, что свидетельствует о достаточном усилии респондентов при выполнении физической нагрузки и информативности тестов.

Значения метаболических, гемодинамических и вентиляционных показателей организма, характеризующих физическую работоспособность и толерантность к физической нагрузке по результатам кардиопульмонального нагрузочного тестирования представлены в таблице.

Таблица. Показатели кардиопульмонального нагрузочного тестирования подростков (M±m)

Показатели	I группа	II группа	
VO2 max, L/min	2,64±0,08	1,89±0,18	p≤0,05
% pred	89,71±2,08	68,83±3,17	p≤0,001
VO2/kg max, mL/min/kg	42,13±1,39	32,75±1,53	p≤0,001
Mets	12,03±0,40	9,38±0,44	p≤0,001
O2 pulse max, mL	14,04±0,44	10,42±0,94	p≤0,001
% pred	92,43±3,20	71,83±4,67	p≤0,001
BPsys max, mmHg	162,42±3,59	138,54±14,52	-
BPdia max, mmHg	94,35±3,73	74,63±8,28	-
HR max, 1/min	190,35±3,14	185,25±3,62	-
% pred	92,29±1,58	90,41±1,33	p≤0,001
VE, L/min	108±4,16	68,22±5,56	p≤0,001
% pred	102,4±3,47	68,58±3,75	p≤0,001
BF, 1/min	54,43±1,68	46,91±1,59	-
BR, %	5,24±1,59	30,50±3,75	p≤0,001
VE/VCO2 slope	24,94±0,66	26,46±2,02	-
VO2 load slope, VO2/WR	10,16±0,8	4,27±1,12	p≤0,001

Примечания: I группа – футболисты юниоры; II группа – подростки, не занимающиеся спортом

При проведении кардиопульмонального нагрузочного тестирования максимальное потребление кислорода достоверно выше в группе футболистов (2,64±0,08 л/мин), что составило 89,71% от прогнозируемой величины. Во II группе данный показатель составил 1,89±0,18 л/мин (68,83% от прогнозируемой величины). При сравнении абсолютных значений максимального потребления кислорода с рекомендуемыми референсными [7, 11] величинами, у юношей I группы выявлена высокая физическая работоспособность организма. У юношей II группы выявлена легкая степень (n=10, 41,7%) и средняя степень (n=14, 58,3%) снижения физической работоспособности. Коэффициент поглощения кислорода на килограмм массы тела при максимальной нагрузке достоверно выше в I группе (42,13±1,39 мл/мин/кг) по сравнению с показателями II группы (32,75±1,53 мл/мин/кг).

Максимальная аэробная производительность организма в I группе составила в среднем 12,03±0,40 метаболических единиц, что достоверно выше показателей II группы (9,38±0,44 метаболических единиц). При сравнении абсолютных значений метаболического эквивалента с рекомендуемыми референсными величинами [9, 11] у всех юношей I группы выявлена очень высокая толерантность к физической нагрузке. Отмечено достоверное превалирование уровня кислородного пульса, характеризующего количество кислорода, поступающее в ткани за один сердечный цикл, у физически активных подрост-

ков, что соответствует 92,43% от прогнозируемой величины. У юношей II группы отмечено незначительное снижение глобальной насосной функции сердца, так как средние значения кислородного пульса на пике нагрузки у них составили 10,42 мл/уд, что соответствует 71,83% от ожидаемого значения (норма ≥80%).

В группе футболистов отмечены достоверно более высокие значения минутной вентиляции легких или дыхательного объема, характеризующего общий объем вдыхаемого воздуха за одну минуту, по сравнению с показателями подростков, не занимающихся спортом, что свидетельствует о высокой функциональной активности респираторной системы при выполнении физических нагрузок. Дыхательной резерв (не использованный в дыхании объем) в I группе составила в среднем 5,24±1,59%, что достоверно ниже показателей II группы (30,50±3,75%). Отсутствие статистически достоверных различий в частоте дыхания на пике нагрузки в обеих группах свидетельствует об увеличении дыхательного объема в группе физически активных лиц за счет увеличения глубины дыхания. Вентиляционный эквивалент по CO₂, т.е. соотношение дыхательного объема к объему выделенного углекислого газа, характеризующее альвеолярный газообмен в легких в обеих исследованных группах, отмечен в пределах, рекомендуемых референсных значений (норма VE/VCO₂ менее 32), что указывает на отсут-

ствие риска развития вентиляционно-перфузионных нарушений.

Повышенное функциональное состояние респираторной системы у физически активных лиц свидетельствует об увеличении площади функционирующей поверхности альвеолярно-капиллярных мембран, о возрастании объема кровотока и количества кислорода в капиллярном русле легких, что позволяет, в свою очередь, значительно повысить степень аэробной производительности организма [2].

Согласно данным эргоспирометрии выявлена высокая функциональная активность сердечно-сосудистой дыхательной системы у спортсменов юниоров. Но не смотря на данный факт после окончания нагрузочного теста у 4-х спортсменов отмечалась более высокое значения артериального давления. Кроме того, выявлено ухудшения электрокардиографических показателей после проведения теста, что выражается в нарушениях процессов реполяризации миокарда. Это свою очередь требует более глубокого изучения функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов.

Изменение соотношения потребления кислорода и углекислого газа к выполненной работе у юношей II группы достоверно ниже ($5,12 \pm 1,00$) по сравнению с показателями юношей I группы ($10,33 \pm 0,82$), что соответствует что у подростков при малоподвижном образе жизни, по сравнению с данными у физически активных лиц, несмотря на дальней-

шее увеличение физической нагрузки, наступает момент, когда потребления кислорода и углекислого газа перестают увеличиваться линейно по отношению к работе.

Заключение

Результаты кардиопульмонального нагрузочного тестирования свидетельствуют о том, что функциональная активность сердечно-сосудистой и дыхательной систем подростков футболистов характеризуется высокой толерантностью к физической нагрузке.

Также кардиопульмональное нагрузочное тестирование с газоанализом позволяет оценить максимальное потребление кислорода, пороги анаэробного и аэробного обменов, скорость восстановления, время работы в зоне «закисления» и другие показатели аэробной выносливости. Знание этих показателей критически важно для построения тренировок, направленных на увеличение выносливости и скоростно-силовых показателей.

Процесс построения тренировочного процесса должен учитывать функциональные особенности спортсменов, а также должен быть направлен на поиск рациональных путей его совершенствования. Значительная интенсификация тренировочного процесса влечет за собой повышение требований ко всем органам и системам организма спортсменов, особенно к работе кардиореспираторной системы, непосредственно обеспечивающей высокую физическую работоспособность.

Библиографический список

1. Виноградова Л.В. Детская спортивная медицина / Л.В. Виноградова, И.И. Бахраха. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 320 с.
2. Гречишкина С.С. Влияние спортивных физических нагрузок на регуляторно-адаптивные возможности кардио-респираторной системы организма студентов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Майкоп, 2012. – 30 с.
3. Мустафина М.Х. Кардиореспираторный нагрузочный тест / М.Х. Мустафина, А.В. Черняк // Атмосфера. Пульмонология и аллергология. – 2013. – №3. – С. 56-62.
4. Сейфулла Р.Д. Новые комбинированные адаптогены, повышающие работоспособность спортсменов высокой квалификации / Р.Д. Сейфулла // Теория и практика физической культуры. – 1998. – № 10. – С. 47-50.
5. Спортивная медицина: национальное руководство / под ред. акад. РАН и РАИМН С.П. Миронова, проф. Б.А. Поляева, проф. Г.А. Макаровой. – М.: ГЭОТАРМедиа, 2013. – 1184 с.
6. ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing // American journal of respiratory and critical care medicine. – 2003. – № 167. – P. 211-277.
7. Balady G.J., Arena R., Sietsema K., et al. Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association // Circulation. – 2010. – Vol. 22. – P. 191-225.

8. Dores H., Mendes M. Cardiopulmonary exercise testing in clinical practice: principles, applications and basic interpretation // *Revista Portuguesa de Cardiologia*, 2024. – Vol. 43. – P. 525-536.
9. Fletcher G.F. Exercise Standards for Testing and Training A Scientific Statement From the American Heart Association // *Circulation*. – 2013. – Vol. 128, № 8. – P. 873-934.
10. Glaab T., Taube C. Practical guide to cardiopulmonary exercise testing in adults // *BMC // Respiratory Research*. – 2022. – P. 23-29. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1186/s12931-021-01895-6>.
11. Mendes R., Sousa N., Barata T. Physical activity and public health: recommendations for exercise prescription // *Acta Medica Potugersa*. – 2011. – Vol. 24. – № 6. – P. 1025-1030.

CARDIORESPIRATORY FUNCTION STATUS DURING STRESS TESTING OF JUNIOR FOOTBALL PLAYERS

Ch.R. Agamuradov¹, *Director*

O.S. Kakabaeva², *Candidate of Medical Sciences, Chief expert of the international relations department*

S.A. Amanmammedova¹, *Researcher of the laboratory of health and physical labor forecasting*

¹**International Scientific and Clinical Center of Physiology**

²**Academy of Sciences of Turkmenistan**

(Turkmenistan, Ashgabat)

Abstract. *The article examines the functional state of the cardiovascular and respiratory systems during dosed physical activity. Cardiopulmonary stress testing involved 48 adolescents aged 15-16 years, including 24 young men involved in football and 24 young men who are not interested in sports. The results of cardiopulmonary stress testing indicate that improving professional sports skills without taking into account the physiological capabilities and functional reserves of the body can not only lead to an exacerbation of existing chronic diseases and injuries, but also creates the prerequisites for the occurrence of accidents. Therefore, it is so important to accurately and promptly determine the functional state of athletes and promptly make changes to individual sports training programs and prescribe preventive and rehabilitation measures individually based on the results of functional testing, season of the year, characteristics and volume of sports loads, climatic and geographical characteristics of the environment. This approach to organizing the training process provides an opportunity to increase the effectiveness of competitive activities while maintaining the health and professional longevity of athletes.*

Keywords: *adolescents, sports, cardiopulmonary testing, functional state, cardiovascular system, respiratory system, physical performance, adaptive and reserve capacities of the body.*