

ИССЛЕДОВАНИЕ КАРДИО-РЕСПИРАТОРНЫХ ПАРАМЕТРОВ У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ ВО ВРЕМЯ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ВЕЛОЭРГОМЕТРЕ

*Ерхан Екатерина,¹
Делеу Инга,²
Делинович Ирина,³
Семирунчик Валентина,⁴
Кочина Анастасия,⁵*

*^{1,2,3,5}Государственный Университет Физического Воспитания и Спорта,
Кишинёв, Молдова*

*⁴Судья национальной и международной категории FINA,
Кишинёв, Молдова*

Abstract. *This research studies the cardio-respiratory system maximum oxygen consumption and the heart rate of the swimmers and high-qualified athletes during the physical effort on a bicycle ergometer. After forty seconds and four minutes of effort the VO_2 max. Results grow up, but not essentially. The highest FC and VO_2 max. results are captured on the eight minute, when the sportsmen are presenting an excellent outcome of the VO_2 max. level.*

Keywords: *swimmers, athletes, heart rate, physical activity, the cardio-respiratory system, maximum oxygen consumption, endurance.*

Актуальность. В настоящее время, при более низком уровне двигательной активности организма человека, физическая нагрузка особенно важна. Спортивная тренировка положительно влияет на физическое и психическое состояние организма, а регулярные нагрузки благотворно влияют на функциональность всех систем органов и в первую очередь запускается деятельность нервной и кардио-респираторной систем, а также нервно-мышечного аппарата [1, 6, 8, 10].

Занимаясь спортом, как тренированные, так и нетренированные люди стремятся улучшить физическую подготовку организма и функциональные свойства всех систем органов, а также повысить психологическую устойчивость и адаптационные качества организма к постоянно меняющимся условиям внешней среды [1, 3, 4, 8].

Роль сердечно-сосудистой и дыхательной систем при занятиях спортом особо значима и важна и при увеличении физической нагрузки пропорционально растёт и нагрузка на данные системы органов. При мышечной деятельности миокард требует повышенного потребления кислорода, а также органических и минеральных веществ в качестве источника энергии. Увеличение силы сокращения миокарда и объёма выбрасываемой крови желудочками сердца может вполне удовлетворить повышенные потребности тканей в кислороде [5, 6, 8].

Итак, повышение физической тренированности и выносливости организма спортсмена напрямую зависят от состояния сердечно-сосудистой и дыхательной

систем, а резервы этих систем исключительны и специфичны. Спортсменам циклических видов спорта (пловцы, атлеты) свойственны высокие кислородно-транспортные возможности, которые определяются способностью сердечно-сосудистой системы, дыхательной и системы крови получать кислород и доставлять его к работающим мышцам [2, 3, 6, 9].

Выполнение физической нагрузки ведёт к осуществлению эффективной работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем в виде: увеличения систолического и минутного объёмов сердца, частоты сердечных сокращений, повышения тонуса сосудов, улучшения микроциркуляции на уровне тканей, прирост количества функционирующих альвеол лёгких, при котором улучшается доставка кислорода эритроцитами к клеткам и выведение углекислого газа из организма [5, 6].

Физиологические параметры, которые определяют способность сердечно-сосудистой и дыхательной систем обеспечивать возросшую потребность организма в кислороде при интенсивной мышечной нагрузке - это частота сердечных сокращений (ЧСС) и максимальное потребление кислорода (МПК) [4, 5, 10].

Частота сердечных сокращений (ЧСС) – физиологический параметр, получаемый в результате измерения числа сердечных систол в единицу времени. Из литературных данных было выявлено, что ЧСС у нетренированных людей в спокойном состоянии составляет около 70 – 84 уд. /мин., а у спортсменов частота сердечных сокращений ниже или даже характерно состояние брадикардии (пульс ниже 60 уд. /мин.) [5, 6, 8, 10].

Максимальное потребление кислорода (МПК или VO_{2max}) – это максимальный объём кислорода, который организм может использовать из вдыхаемого воздуха в течении 1 минуты и рассчитывается путём вычитания количества выдохнутого кислорода из количества поглощённого кислорода. МПК (или VO_{2max} – maximal oxygen consumption) измеряется в мл на кг массы тела в минуту – мл/кг/мин. [6, 8].

Данный параметр является показателем аэробной производительности, а также общей выносливости организма и находится под воздействием множества факторов, так как кислород от вдоха и поступления в лёгкие проходит внушительный путь до мышечных митохондрий, где используется для эффективной выработки энергии [10]. Благодаря жизненно-важному элементу – кислороду происходит превращение питательных веществ в энергию для работающих мышц и чем выше максимальное потребление кислорода, тем больше O_2 транспортируется в скелетные и сердечные

мышцы и в результате больше энергии вырабатывается. Во время физической нагрузки легко можно наблюдать за динамикой тренировочного процесса. При росте МПК ($VO_2 \max$) - физические качества спортсмена растут [3, 4, 5, 6, 7, 8].

Показатель МПК зависит от пола (у девушек данные МПК ниже, чем у мужчин), от возраста (снижается с возрастом), от массы тела (избыточный вес уменьшает значение $VO_2 \max$). Из литературных данных известно, что у нетренированных людей взрослого возраста параметр составляет около 30 – 40 мл/кг/мин., а у тренированных людей составляет около 42 – 45 мл/кг/мин. и выше, например, спортсмены олимпийцы показали результат $VO_2 = 80$ мл/кг/мин. [3, 4, 6, 8].

На основании вышесказанного, **целью данной работы является определение частоты сердечных сокращений (ЧСС) и максимального потребления кислорода (МПК) у спортсменов пловцов и атлетов во время физической нагрузки на велоэргометре.**

Для выполнения назначенной цели были поставлены следующие **задачи**:

- **определить частоту сердечных сокращений у нетренированных юношей и у спортсменов в спокойном состоянии;**
- **выявить частоту сердечных сокращений у нетренированных юношей и у спортсменов (пловцов и атлетов) при мышечной нагрузке;**
- **определить максимальное потребление кислорода при мышечной деятельности у юношей из контрольной и экспериментальных групп.**

Организация исследований: В исследованиях участвовало 6 юношей, которые не занимались спортом (контрольная группа), 6 квалифицированных спортсменов пловцов и 6 спортсменов, профессионально занимающихся атлетизмом (экспериментальные группы) в возрасте от 17 - 21 года. Степень спортивной квалификации исследуемых спортсменов находится в пределах от кандидата в мастера спорта до мастера спорта. Юноши из всех тестируемых групп выполнили физическую нагрузку на велоэргометре.

Методы исследования: Физиологический параметр – частота сердечных сокращений (ЧСС) был определён у нетренированных юношей и у спортсменов в спокойном состоянии и при выполнении физической нагрузки на велоэргометре. Максимальное потребление кислорода (МПК) было определено на разных этапах физической нагрузки на велоэргометре COSMED Vike в течении 20 минут. В результате тестирования данные были обработаны статистически.

Результаты исследований и их обсуждение. В наших исследованиях было выявлено, что пульс в спокойном состоянии у юношей из контрольной группы равен в

среднем $71,50 \pm 1,76$ уд. /мин., ЧСС у спортсменов-пловцов (2-я группа) – $58,00 \pm 1,09$ уд. /мин., а у спортсменов, занимающихся атлетизмом (3-я группа) показатели ЧСС в покое равны в среднем $60,00 \pm 1,41$ уд. /мин.

Таблица 1. Показатели ЧСС и МПК у нетренированных юношей и у спортсменов во время физической нагрузки на велоэргометре.

Номер	Физиологические параметры: ЧСС (уд./мин), МПК (мл/кг/мин.)	Юноши (1-я группа) (М ± м)	Спортсмены (2-я группа) (М ± м)	Спортсмены (3-я группа) (М ± м)
1	ЧСС в спокойном состоянии	$71,50 \pm 1,76$	$58,00 \pm 1,09$	$60,00 \pm 1,41$
2	ЧСС на 40 с. физ. нагрузки	$110,66 \pm 2,16$	$86,00 \pm 2,28$	$90,16 \pm 1,16$
3	МПК на 40 с. физ. нагрузки	$13,83 \pm 2,13$	$19,50 \pm 2,35$	$18,16 \pm 1,17$
4	ЧСС на 4 мин. физ. нагрузки	$141,83 \pm 1,16$	$110,16 \pm 1,16$	$116,50 \pm 1,64$
5	МПК на 4 мин. физ. нагрузки	$21,16 \pm 2,48$	$34,16 \pm 2,31$	$31,83 \pm 2,04$
6	ЧСС на 8 мин. физ. нагрузки	$185,83 \pm 1,47$	$156,33 \pm 2,33$	$160,00 \pm 1,26$
7	МПК на 8 мин. физ. нагрузки	$39,83 \pm 1,72$	$57,33 \pm 1,75$	$52,17 \pm 1,17$
8	ЧСС на 15 мин. физ. нагрузки	$174,50 \pm 2,58$	$147,16 \pm 1,83$	$150,16 \pm 1,94$
9	МПК на 15 мин. физ. нагрузки	$24,33 \pm 1,63$	$44,16 \pm 1,60$	$40,00 \pm 1,78$

По вышеуказанным данным можно рассмотреть, что пульс у спортсменов пловцов и спортсменов, занимающихся атлетизмом ниже, чем у юношей из контрольной группы, что является нормой и указывает на большой резерв работы миокарда, так как увеличивается фаза диастолы.

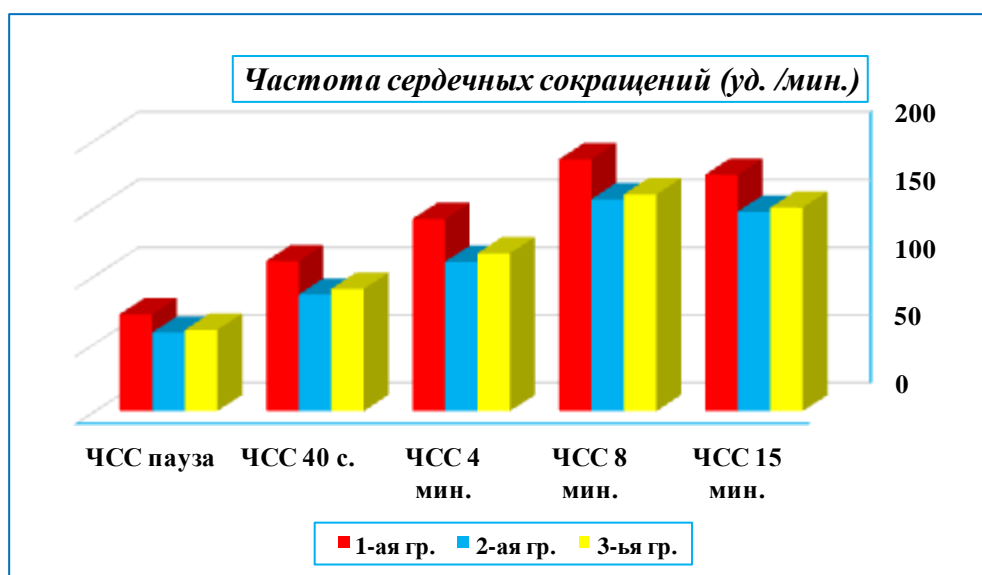


Рис 1. Частота сердечных сокращений у нетренированных юношей и спортсменов высокой квалификации

Во время диастолы сердце получает большой объем обогащенной кислородом артериальной крови. Также, полученные результаты указывают на повышенные адаптационные свойства организма спортсмена к нагрузкам.

На 40 с. физической нагрузки на велоэргометре показатели ЧСС у юношей из контрольной группы повысились значительно до $110,66 \pm 2,16$ уд. /мин., а у спортсменов (2-ая и 3-ья группы) ЧСС на 40 с. повысился до $86,00 \pm 2,28$ уд. /мин. (пловцы) и соответственно $90,16 \pm 1,16$ уд. /мин. (атлеты). Данный результат у спортсменов указывает на большой резерв работы сердца.

МПК на 40 с. у юношей из контрольной группы указал в среднем $13,83 \pm 2,13$ мл/кг/мин., а у юношей из экспериментальных групп МПК на 40 с. равен $19,50 \pm 2,35$ мл/кг/мин. (пловцы) и соответственно $18,16 \pm 1,17$ мл/кг/мин. (атлеты). Далее, по полученным данным можем рассмотреть, что на 4-ой минуте физической нагрузки на велоэргометре показатели ЧСС и МПК растут у юношей во всех 3-х группах.

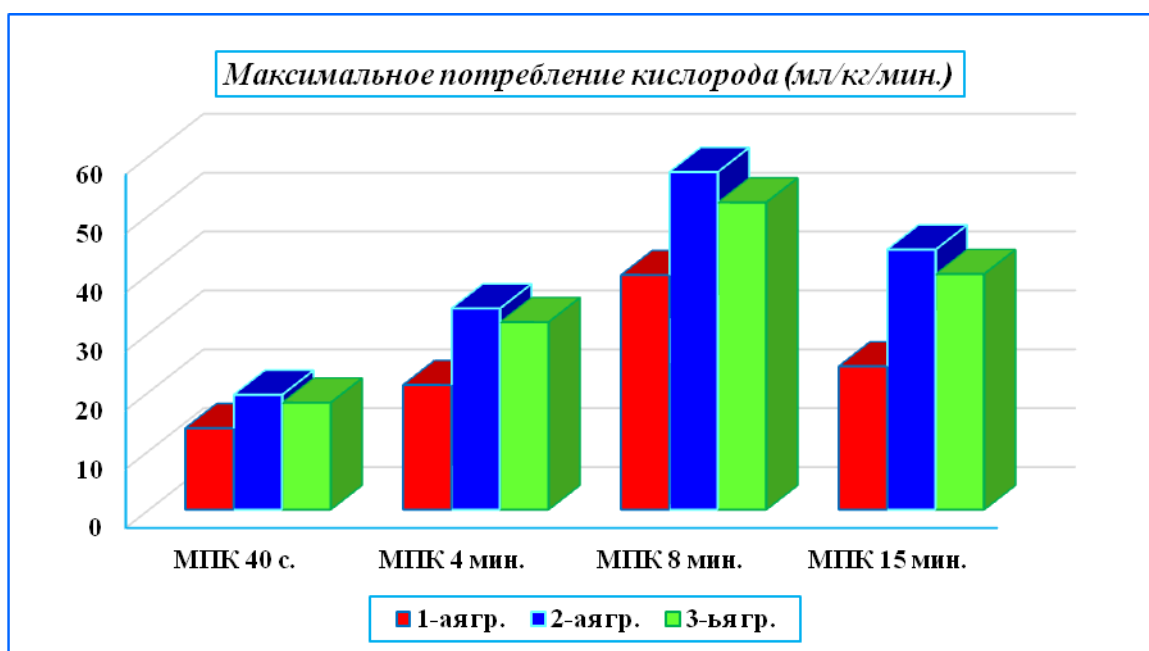


Рис. 2. Максимальное потребление кислорода у нетренированных юношей и спортсменов высокой квалификации.

Самый явный прирост МПК можем увидеть на 8-ой минуте, где превосходные данные показали спортсмены-пловцы ($57,33 \pm 1,75$ мл/кг/мин.) и спортсмены-атлеты ($52,17 \pm 1,17$ мл/кг/мин.). Результат указывает на отличную транспортировку и доставку кислорода к клеткам, а также хорошую реализацию биохимических процессов на уровне клетки.

Таблица 2. Кардио-респираторный тест (мл/кг/мин.)

Очень плохо	Плохо	Посредственно	Хорошо	Отлично	Превосходно
< 30,6	30,6 – 33,8	33,8 – 36,6	36,6 – 41,0	41,0 – 46,8	> 46,8

На 15-ой минуте физической нагрузки на велоэргометре данные ЧСС и МПК постепенно снижаются и это объясняется повышением уровня молочной кислоты в крови из-за недостаточного количества кислорода, что ведёт к проявлению усталости. Уровень молочной кислоты, которая накапливается в крови превышает уровень кислоты, которая используется в дальнейших биохимических реакциях в организме для получения достаточного запаса энергии во время мышечной нагрузки. Использование молочной кислоты для получения энергии становится недостаточно эффективным.

Выводы

1. Частота сердечных сокращений у квалифицированных спортсменов (пловцов, атлетов) в спокойном состоянии ниже, чем у нетренированных юношей, что связано с процессами адаптации к физическим нагрузкам и с более экономичной работой сердца у спортсменов.

2. После 40 с. нагрузки у юношей из контрольной группы ЧСС повысился значительно до *110,66 ± 2,16 уд. /мин.*, а ЧСС у спортсменов увеличился умеренно - *86,00 ± 2,28 уд. /мин.* (пловцы) и *90,16 ± 1,16 уд. /мин.* (атлеты). У нетренированных юношей результат указывает на увеличение количества сокращений сердца для восполнения нужного количества кислорода, а у спортсменов резерв восполняется за счёт повышения систолического объёма сердца.

3. На 4-ой минуте нагрузки на велоэргометре показатели ЧСС у юношей из контрольной группы повысились до *141, 83 ± 1,16 уд. /мин.*, а у спортсменов данные ЧСС повысились до *110,16 ± 1,16 уд. /мин.* (пловцы) и соответственно *116,50 ± 1,64 уд. /мин.* (атлеты). Показатели МПК повысились значительно, особенно у юношей из экспериментальных групп, но большой прирост параметра можем рассмотреть на 8-ой минуте, где произошёл самый большой скачок МПК у пловцов и атлетов и данные указывают на превосходные результаты (*57,33 ± 1,75 мл/кг/мин.* и *52,17 ± 1,17 мл/кг/мин.*)

4. На 15 минуте мышечной нагрузки кардио-респираторные параметры (ЧСС и МПК) постепенно снижаются. Полученные результаты связываем с накоплением в крови молочной кислоты, которая превышает уровень кислоты, используемой в дальнейших биохимических реакциях в организме для получения достаточного запаса энергии во время нагрузки. В результате, использование молочной кислоты для

получения энергии становится недостаточно эффективным и организм пребывает в состоянии утомления.

5. В результате тестирования кардио-респираторных параметров у спортсменов отметили превосходный результат МПК, что доказывает отличную спортивную подготовку и очень хорошие физические и функциональные возможности организма, а также характеризует высокую выносливость у спортсменов циклических видов спорта.

1. Аулик И. В. Как определить тренированность спортсмена. Москва: Физкультура и спорт, 1977. 102 с.

2. Булгакова Н. Ж., Попов О. И., Распопова Е. А. Теория и методика плавания: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования. Москва: Академия, 2014. 320 с.

3. Лысенко Е. Н. Прогнозирование физической работоспособности и реакций кардио-респираторной системы при нагрузках аэробного характера у спортсменов высокого класса. В: Вестник спортивной науки, выпуск 4, 2013, с. 33 – 37.

4. Мищенко В. С. Функциональные возможности спортсменов. Киев: Здоровье, 1990. 200 с.

5. Под редакцией В. П. Дегтярёва, С. М. Будылиной. Нормальная физиология. Москва: ГЭОТАР – Медиа, 2012.

6. Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология спорта: учебное пособие. Санкт - Петербург: Государственная Академия Физической Культуры им. П. Ф. Лесгафта, 1999. 232 с.

7. Таймазов В.А., Мариянович А.Т. Биоэнергетика спорта. СПб.: Матон, 2002. 122 с.

8. Уилмор Д., Костилл Д. Физиология спорта и двигательной активности. Киев: Олимпийская литература, 2001. 504 с.

9. Фитзингер Пит, Дуглас Скотт. Бег по шоссе для серьёзных бегунов. Издательство: Тулома, 2007. 192 с.

10. Янсен П. ЧСС, лактат и тренировки на выносливость. Мурманск: Тулома, 2012. 150с.