

На правах рукописи

Шаяхметов Назар Насимович

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ НА
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТУЮ СИСТЕМУ
ЮНОШЕЙ И ДЕВУШЕК**

03.03.01 - физиология

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Казань – 2013

Работа выполнена на кафедре физическое воспитание Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанский государственный аграрный университет»

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Ванюшин Юрий Сергеевич

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Чинкин Абдулахат Сиразетдинович

доктор биологических наук, профессор
Нигматуллина Разина Рамазановна

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет»

Защита состоится « 10 » декабря 2013г. в « 12.00 » часов на заседании диссертационного совета Д 212.081.28 при ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) Федеральный Университет» по адресу: 420008, г. Казань, ул. Левобулачная, д.44.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского при ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) Федеральный Университет» по адресу: 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 35.

Автореферат разослан « » 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор медицинских наук,
профессор



Зефилов Т.Л.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Ведущая роль в адаптации организма к физическим нагрузкам принадлежит сердечно-сосудистой системе, которая участвует во всех проявлениях жизнедеятельности организма, обеспечивая адекватную доставку кислорода и питательных веществ, а также своевременное удаление продуктов метаболизма (М.Г.Удельнов, 1975; М.Г.Пшенникова, 1986; Ф.Г.Ситдииков, 2003; Р.А.Абзалов, 2005; М.В.Шайхелисламова, 2008; Т.Л.Зефиоров с соавт., 2008; Ю.С.Ванюшин, М.Ю.Ванюшин, 2011, 2013; И.И.Голованов 2011; F.Ozyener et al., 2003; W.W.Stringer, 2005; B.J.Whipp, 2005; S.Gelman, 2008).

Показатели сердечно-сосудистой системы находятся в тесной зависимости от возраста, пола и степени влияния физической нагрузки на организм. Особенно важны исследования в возрастной группе 20-22 лет, относящейся к завершению юношеского возраста, соответственно, к началу периода стационарного состояния, обозначаемому как взрослый, зрелый детородный (И.А.Аршавский, 1975). Важно отметить, что к данному этапу развития в организме завершены структурные преобразования сердечно-сосудистой системы.

Исследований, посвященных изучению сердечно-сосудистой системы при различных физических нагрузках, достаточно (Р.А.Абзалов, 1985; В.А.Цыбенко, А.В.Грищенко, 1993; Ф.Г.Ситдииков, Ю.С.Ванюшин, 2000; Н.А.Агаджанян с соавт., 2000, 2007; И.Х.Вахитов, 2004; М.В.Шайхелисламова, 2008; F.Delloni, 1978; V.Barriales et. all., 1993; T.J.Chandler, 1994; S.Berthoins et. all., 1995; A.Pelliccia, 1996). В настоящее время в физиологии физических упражнений и спорте хорошо изучена реакция сердечно-сосудистой системы на нагрузки максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной мощности, а исследований, посвященных изучению адаптации указанных систем к физическим нагрузкам малой мощности, недостаточно. Однако именно эти нагрузки составляют большую часть повседневной жизни человека.

В проанализированной литературе нет общепринятого определения того, какую нагрузку следует относить к зоне малой мощности. В соответствии с представлениями Р.Е.Nowacki (1978) к мышечной работе малой мощности следует относить нагрузки меньше 1,0 Вт/кг. Соответственно, и пассивное вращение педалей велоэргометра (педали велоэргометра принудительно крутит двигатель с частотой 60 оборотов в

минуту), вращение педалей без какого-либо сопротивления их вращению (0 Вт), физическая нагрузка мощностью 0,25 Вт/кг, относятся к таким нагрузкам.

Особый интерес представляет изучение сердечно-сосудистой системы юношей и девушек 20-22 лет при пассивном вращении педалей велоэргометра. Ряд авторов в своих исследованиях использовали пассивные движения как функциональную пробу (Н.И.Аринчин, 1965; Р.П.Кибиш, 1980; А.П.Цукас, 1980; А.П.Грюновас, 1984; И.Н.Баранов-Крылов с соавт., 2002; J.L.Tillerson, W.M.Caudle, M.E.Reveron, G.W.Miller, 2003; N.P.Poulton, G.D.Muir, 2005; A.Ridgel et al., 2009; Waldemar Diehl, 2010). В своих исследованиях вышеуказанные авторы установили, что циклические пассивные вращательные движения для нижних конечностей способствуют изменению деятельности сердечно-сосудистой системы, но отсутствуют данные о пассивном вращении педалей велоэргометра. Аналогичные функциональные пробы широко используются в реабилитационной медицине в виде пассивной механо-кинезотерапии (роботизированная механотерапия) (Н.В.Маньшина, 2007; Г.Е.Иванова с соавт., 2010; N.P.Poulton, G.D.Muir, 2005; Waldemar Diehl, 2010). Однако и в этом случае нами не было найдено данных, раскрывающих реакцию сердечно-сосудистой системы на пассивное вращение педалей велоэргометра.

Кроме того, в проанализированной нами литературе не представлено изучение показателей сердечно-сосудистой системы и вариабельности ритма сердца при физических нагрузках малой мощности.

Все вышеизложенное свидетельствует о недостаточной разработанности влияний физической нагрузки малой мощности на показатели сердечно-сосудистой системы юношей и девушек 20-22 лет. В связи с этим данная проблема составила актуальность нашего исследования.

Целью работы явилось изучение сердечно-сосудистой системы при различных физических нагрузках малой мощности у юношей и девушек 20-22 лет.

Задачи исследования:

1. Изучить реакцию насосной функции сердца по показателям частоты сердечных сокращений и ударного объема крови у юношей и девушек при пассивном вращении педалей велоэргометра, при вращении педалей без внешнего сопротивления (0 Вт) и при физической нагрузке мощностью 0,25 Вт/кг.

2. Выявить различия в реакциях сердечно-сосудистой системы по показателям минутного объема крови и общего периферического сопротивления сосудов у юношей и девушек при пассивном вращении педалей велоэргометра и вращении педалей без внешнего сопротивления (0 Вт).

3. Определить показатели вариабельности ритма сердца у юношей и девушек при пассивном вращении педалей велоэргометра, при вращении педалей без внешнего сопротивления (0 Вт) и при физической нагрузке мощностью 0,25 Вт/кг.

Научная новизна

Впервые изучена реакция насосной функции сердца у юношей и девушек 20-22 лет по показателям ЧСС, УОК, МОК и вариабельности сердечного ритма при пассивном вращении педалей велоэргометра, при вращении педалей без внешнего сопротивления (0 Вт) и показана зависимость реакции частоты сердечных сокращений и ударного объема крови от пола.

Выявлено, что независимо от функциональной пробы и пола испытуемых, повышение минутного объема кровообращения происходит к тридцатой секунде нагрузки малой мощности.

Впервые в группах юношей и девушек 20-22 лет установлены различия в реакциях ССС между пассивным вращением педалей велоэргометра и вращением педалей без внешнего сопротивления (0 Вт) по показателям МОК и ОПСС.

Научно-практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты расширяют представления об особенностях функционирования сердечно-сосудистой системы и вариабельности сердечного ритма при адаптации организма юношей и девушек к физическим нагрузкам малой мощности. Изучение реакций срочной адаптации к физическим нагрузкам малой мощности позволит использовать данные нагрузки в адаптивной физической культуре и для восстановления спортсменов.

Установленные в работе факты срочной адаптации сердечно-сосудистой системы в группах юношей и девушек при нагрузках малой мощности могут быть использованы в лекционных курсах высших учебных заведений и в соответствующих учебных, учебно-методических пособиях и руководствах.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Физическая нагрузка малой мощности (пассивное вращение педалей велоэргометра, вращение педалей без какого-либо сопротивления их вращению – 0 Вт и физическая нагрузка мощностью 0,25 Вт/кг) у юношей и девушек 20-22 лет вызывает изменения насосной функции сердца и variability сердечного ритма в зависимости от пола испытуемых.

2. Между физическими нагрузками малой мощности имеются различия в реакциях сердечно-сосудистой системы у юношей и девушек 20-22 лет.

Апробация работы. Основные материалы исследования доложены на международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы физической культуры и спорта» (Уфа, 2009, 2011, 2013); на Всероссийской научно-практической конференции «Образование учащейся молодежи в сфере физической культуры и спорта» (Бирск, 2010, 2011, 2012, 2013); на Всероссийской научной конференции с международным участием «Актуальные исследования в области физкультурологии» (Казань, 2010); на Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы физической культуры и спорта» (Уфа, 2010, 2012); на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Теоретические основы физической культуры» (Казань, 2012).

Публикации. Автором опубликовано 30 научных публикаций из них 18 по теме диссертации, в том числе 3 статьи в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов исследований на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Структура и объем диссертации. Диссертация объемом 129 страниц состоит из введения, обзора литературы, результатов собственных исследований и их обсуждения, заключения, выводов и практических рекомендаций. В работе имеется список литературы, содержащий 254 источника, из них зарубежных авторов 58. Диссертация иллюстрирована 17 таблицами и 38 рисунками.

Сокращения: АД мм рт.ст. – артериальное давление; АДд, мм рт.ст. – артериальное давление диастолическое; АДс, мм рт.ст. – артериальное давление систолическое; АДср., мм рт.ст. – артериальное давление среднее; АМо – амплитуда моды; ВР – вариационный размах; ВРС – variability ритма сердца; ИВР – индекс вегетативного равновесия между отделами высшей нервной системы; ИН – индекс напряжения регуляторных систем;

КИГ – кардиоинтервалограмма; МОК, л/мин – минутный объем крови; ОПСС, дин с/см⁻⁵ – общее периферическое сопротивление сосудов; ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции; СИ, л/мин м² – сердечный индекс; ССС – сердечно-сосудистая система; Ти – время изгнания крови из сердца; УИ, мл/м² – ударный индекс; УОК, мл – ударный объем крови; ЧСС, уд/мин – частота сердечных сокращений; Ad, Ом/с – амплитуда дифференциальной реограммы; h, см – длина тела; L, см – межэлектродное расстояние; m, кг – масса тела; Mo – мода – наиболее часто встречающийся кардиоинтервал; p – удельное сопротивление крови; St, м² – площадь поверхности тела; Z, Ом – межэлектродное сопротивление.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на кафедре «Физическое воспитание» Казанского государственного аграрного университета. Обследованный контингент был представлен студентами основной медицинской группы, не имеющих спортивных квалификаций и занимающиеся физической культурой по программе ВУЗа Казанского ГАУ в возрасте 20-22 лет (97 человек), так как считается, что к этому периоду завершаются структурные преобразования сердечно-сосудистой системы. Возрастные границы определялись по дате рождения ± 6 месяцев. Обследованный контингент с учетом пола был разделен на 2 группы. Все замеры проводились в первой половине дня.

Для оценки функционального состояния ССС и изучения variability сердечного ритма проводили запись дифференциальной реограммы и кардиоинтервалограммы. Для регистрации дифференциальной реограммы использовали реограф «Диаманд» с аналого-цифровым преобразователем в комплексе с компьютером.

Во время выполнения функциональной пробы реограмму регистрировали за 15 – 20 с до конца каждой функциональной пробы. А так же на 30 секунде и в конце первой минуты нагрузки.

В наших исследованиях обследованный контингент выполнял велоэргометрическую нагрузку на велоэргометре «Kettler» (производство Германия) с электромагнитным торможением без пауз отдыха. Испытуемые исследовались в состоянии покоя, а затем им предлагалось выполнить пассивное вращение педалей и два типа нагрузки различной мощности. Все три функциональные пробы проводились в разные дни.

Первая функциональная проба представляла собой пассивное вращение велоэргометра (роботизированная механотерапия). Для этого испытуемый садился на велоэргометр, и с помощью специально установленного мотора задавалось вращение педалей велоэргометра с частотой 60 оборотов в минуту.

Вторая функциональная проба заключалась во вращении педалей велоэргометра без какого-либо сопротивления их вращению, т.е. при мощности внешней нагрузки равной 0 Вт.

В качестве третьей пробы была физическая нагрузка мощностью 0,25 Вт/кг. Длительность функциональной пробы составляла 9 минут.

Во всех трех пробах частота вращения педалей была постоянной и составляла 60 оборотов в минуту.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась в соответствии с общепринятыми методами вариационной статистики (Г.Ф.Лакин, 1990) при помощи компьютера Intel Core i3 с использованием операционной системы Windows 7 и пакета Microsoft Office 2010. Для оценки достоверности различий использовались стандартные значения критерия t-Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Состояние сердечно-сосудистой системы в условиях

относительного покоя

У юношей средние значения ЧСС равны 68 уд/мин, а у девушек – 74 уд/мин (таблица 1). Сердечный выброс является прямым показателем способности сердца выполнять свою работу. Средние значения УОК в наших исследованиях среди юношей соответствовали 63 мл, у девушек – 57 мл. Более высокие показатели УОК у юношей согласуются с теорией соответствия высоких значений сердечного выброса большему объему сердца у лиц мужского пола в сравнении с девушками, имеющими меньшие тотальные размеры тела и сердца. Система кровообращения оптимизирует всю деятельность человека, поддерживая оптимальный уровень АД (А.Д.Викулов с соавт., 2002). Согласно результатам нашего исследования у обследованных юношей и девушек имеются различия в общем периферическом сопротивлении сосудов. Так, данные показатели у девушек несколько выше, чем у юношей. Однако они не носят достоверный характер. Поскольку ОПСС имеет зависимость от МОК, в свою очередь МОК является

произведением ЧСС и УОК, в состоянии покоя между юношами и девушками в показателях ЧСС, УОК, МОК и АД достоверных различий нами не выявлено. Деятельность же вышеперечисленных показателей сердечно-сосудистой системы направлена на поддержание среднего артериального давления. Вышесказанное указывает на то, что у обследуемого нами контингента ОПСС вполне адекватно МОК, в результате которого сформировано среднее артериальное давление.

Таблица 1

Состояние сердечно-сосудистой системы в покое у юношей и девушек ($M \pm m$)

Показатели	Пассивное вращение педалей велоэргометра	0 Вт	0,25 Вт/кг
Юноши			
ЧСС, уд/мин	68,89±2,73	68,13±1,79	69,65±2,56
УОК, мл	61,33±2,05	63,68±1,61	62,94±2,44
МОК, л/мин	4,22±0,11	4,34±0,11	4,39±0,32
ОПСС, дин c/cm^5	1780,4±58,6	1746,3±58,2	1744,3±148,2
Девушки			
ЧСС, уд/мин	74,72±1,47	75,44±1,78	74,06±2,74
УОК, мл	55,99±1,75	56,56±1,16	57,50±2,06
МОК, л/мин	4,18±0,12	4,26±0,15	4,26±0,20
ОПСС, дин c/cm^5	1736,7±49,8	1704,0±40,0	1710,8±74,5

Таким образом, изучение показателей сердечно-сосудистой системы в состоянии относительного покоя показало, что между юношами и девушками имеется незначительная разница. Однако данные различия не носят достоверного характера. Стоит отметить и то, что ЧСС, УОК, артериальное давление (систолическое и диастолическое) находятся в пределах физиологической нормы для данного возрастного периода. Вышеуказанное имело значение при последующем изучении сердечно-сосудистой системы на различные функциональные пробы.

Показатели ВСП в состоянии относительного покоя у обследуемого контингента находятся в пределах физиологической нормы. Существенных различий по половому признаку нами не выявлено.

Реакция сердечно-сосудистой системы на пассивное вращение педалей велоэргометра

В ходе изучения реакции на пассивное вращение педалей велоэргометра установлено повышение гемодинамики. Формирование МОК при пассивном вращении в большей степени происходит за счет УОК (таблица 2), его

повышение к девятой минуте составило 9,6% у юношей и 10% у девушек. Максимальное повышение УОК было отмечено на 30 секунде (11-14%). Последующие минуты функциональной пробы показали, что средние значения УОК находились на относительно постоянном уровне.

Таблица 2

Реакция сердечно-сосудистой системы на пассивное вращение педалей у юношей и девушек ($M \pm m$)

Показатели	30 сек	1 мин	3 мин	6 ми	9 мин
Юноши					
ЧСС, уд/мин	70,81±3,11 [▲]	75,01±3,22 [▲]	74,37±3,33 [▲]	73,00±3,64	72,75±4,37
УОК, мл	63,3±2,34 ^{°"}	67,40±2,77 ^{▲"}	68,03±1,03 ^{▲"}	68,91±2,72 ^{▲"}	70,32±2,40 ^{▲"}
МОК, л/мин	4,72±0,07 [*]	5,05±0,04 [°]	5,06±0,07 [°]	5,53±0,05 [°]	5,12±0,08 [°]
ОПСС, дин с/см ⁻⁵	1780,4±33,5 ^{*▲"}	1485,5±34,7 ^{°"}	1482,5±33,0 ^{°"}	1358,0±31,0 ^{°▲"}	1464,5±24,4 ^{°"}
Девушки					
ЧСС, уд/мин	82,11±1,35 ^{*▲}	83,50±1,39 [▲]	82,11±1,35 ^{▲"}	81,00±1,63 ["]	79,89±1,12 ["]
УОК, мл	60,29±0,91	60,29±0,91 [▲]	59,96±0,69 ^{°▲"}	60,29±0,91 ^{°▲"}	61,16±0,56 ^{▲"}
МОК, л/мин	4,95±0,10 [*]	5,03±0,11 [°]	4,92±0,07 [°]	4,64±0,11 [°]	4,82±0,06 [°]
ОПСС, дин с/см ⁻⁵	1476,9±23,6 ^{*▲"}	1448,5±26,9 ^{°"}	1467,3±22,8 ^{°"}	1566,7±30,9 ^{°▲"}	1502,8±10,7 ^{°"}

Примечание. Статистическая достоверность различий:

- * – в сравнении с предыдущим замером;
- ° – между вращением педалей без внешнего отягощения (0 Вт) и пассивным вращением педалей;
- " – между пассивным вращением педалей и физической нагрузкой 0,25 Вт/кг;
- ▲ – по половым признакам.

Аналогичная динамика при пассивном вращении педалей велоэргометра была и в частоте сердечных сокращений. У юношей данная реакция не сопровождалась достоверной динамикой, у девушек учащение ($p < 0,05$) ЧСС имело место на 30 секунде. Дальнейшая динамика была представлена тенденцией к росту данного показателя до третьей минуты (9-10%). На последующих минутах (шестая и девятая) ЧСС стабилизировалась.

Анализ реакции ЧСС и УОК на пассивное вращение педалей показывает, что в показателях насосной функции сердца произошли изменения. Минутный объем крови, являющийся производением ЧСС и УОК, имел прямую зависимость от данных показателей, поэтому максимальные сдвиги были отмечены в росте МОК. Общий рост МОК (к девятой минуте) составил 23,2% у юношей, а у девушек -18,5%. Максимальные сдвиги (17-19%) выявлены на первой минуте вращения педалей, а именно на 30 секунде. Как у юношей, так и у девушек данный рост МОК имел статистическую достоверность ($p < 0,05$), последующая динамика

данного показателя имела тенденцию к повышению (до шестой минуты) с последующей стабилизацией к девятой минуте.

Повышение гемодинамики в начале функциональной пробы не вызвало существенных изменений в артериальном давлении.

Постоянство артериального давления на фоне повышения гемодинамики объясняется сосудистой реакцией со стороны ОПСС, а именно снижением его тонуса, в результате которого наблюдается расширение сосудов. Суммарное снижение тонуса к девятой минуте функциональной пробы составило 19% у юношей, у девушек данная реакция выражена меньше -12%. В течение первой минуты снижение ОПСС в обеих группах является максимальным, а к 30 секунде пассивного вращения педалей велоэргометра отмечается снижение ОПСС ($p < 0,05$).

В ответ на пассивное вращение педалей у юношей наблюдается тенденция к снижению изучаемых нами показателей вариационной пульсограммы. У девушек количество статистически значимых реагирующих показателей превышает таковые у юношей ($p < 0,05$) (Мо, АМо, ИН, ИВР и ПАПР, таблица 3).

Таблица 3

Вариабельность ритма сердца при пассивном вращении педалей у юношей и девушек ($M \pm m$).

Показатели ССС	покой	3 мин	6 мин	9 мин
Юноши				
Мо, сек	0,87±0,01 [◊]	0,82±0,03 ^{◊"}	0,74±0,03	0,81±0,03"
Амо, сек	30,6±3,5	36,5±3,6	40,1±5,0	38,1±4,4
ВР, сек	0,33±0,02	0,28±0,02	0,27±0,02	0,27±0,02
ИН, у.е.	54,3±9,0	80,4±10,3	101,6±12,6	89,3±11,2
ПАПР, у.е.	35,1±3,7	44,5±5,0"	54,4±7,1	47,4±6,1
ИВР, у.е.	94,8±16,4	132,0±17,3	150,1±18,0	143,9±17,9
Девушки				
Мо, сек	0,80±0,02 [◊]	0,73±0,03 ^{*◊"}	0,78±0,02 ^{◊"}	0,75±0,01 ^{◊"}
Амо, сек	33,5±1,6	47,4±5,0*	53,7±5,5	45,1±4,1"
ВР, сек	0,31±0,01	0,28±0,01	0,27±0,02	0,27±0,02
ИН, у.е.	66,8±5,1	119,1±16,1*	127,0±15,9	115,3±11,5
ПАПР, у.е.	41,7±2,4	65,7±9,8*"	67,5±6,6"	60,9±3,4"
ИВР, у.е.	107,2±6,5	172,2±18,4*	199,1±26,0	172,2±15,7

Примечание. Статистическая достоверность различий:

* – в сравнении с предыдущим замером;

◊ – между вращением педалей без внешнего отягощения (0 Вт) и пассивным вращением педалей;

" – между пассивным вращением педалей и физической нагрузкой 0,25 Вт/кг;

◊ – по половым признакам.

Таким образом, при пассивном вращении педалей велоэргометра (автоматизированное вращение) в сердечно-сосудистой системе у юношей и девушек произошли изменения. Вначале функциональной пробы отмечается рост МОК ($p < 0,05$), основной вклад в который вносит УОК. У девушек к 30 секунде функциональной пробы отмечено повышение ЧСС ($p < 0,05$). Относительная константа артериального давления в течение первой минуты происходит за счет сосудистой реакции, а именно снижением ОПСС ($p < 0,05$).

В реакции ВСР имеется зависимость от пола: у девушек наблюдается повышение активности АМО, ИН, ПАПР и ИВР, у юношей намечена лишь тенденция к изменению данных показателей.

Реакция сердечно-сосудистой системы на вращение велоэргометра без внешнего сопротивления (0 Вт)

Изучению адаптации сердечно-сосудистой системы на нагрузки малой мощности посвящено большое количество работ (Г.И.Кассирский, 1990; В.Л.Карпман 1994; А.М.Аронов с соавт., 2003). В работе В.Л.Карпмана (1994) физическая нагрузка, заключающаяся во вращении педалей велоэргометра без какого-либо сопротивления, использована как нагрузка 0Вт. Аналогичный подход был применен и в нашей работе.

В течение первой минуты физической нагрузки отмечалась волнообразная динамика темпов роста ЧСС, а общий рост составил 14,7% у юношей и 14,67% у девушек (таблица 4). У юношей большее повышение ЧСС обнаружено к 30 секунде 10,1%, а к первой минуте – 4%. У девушек: к 30 секунде – 10,3% ($p < 0,05$), а к первой минуте – 4,8%.

Как в обследованных группах юношей, так и девушек рост ЧСС происходит до третьей минуты и составляет в среднем 16% относительно состояния покоя. В последующие минуты наблюдается стабилизация данного показателя. Однако между группами имеются различия в абсолютных значениях. Величина ударного объема крови подверглась большим изменениям в сравнении с ЧСС. Об этом свидетельствует прирост данного показателя: если к девятой минуте физической нагрузки динамика ЧСС относительно состояния покоя 11-14%, то аналогичные данные по УОК находятся в пределах 24-25%. Максимальный сдвиг УОК в обеих исследованных группах произошел к 30 секунде. Данное повышение УОК у юношей носит достоверный характер ($p < 0,05$).

Таблица 4

Реакция сердечно-сосудистой системы на функциональную пробу 0 Вт
у юношей и девушек (M±m)

Показатели	30 сек	1 мин	3 мин	6 ми	9 мин
Юноши					
ЧСС, уд/мин	75,69±3,51	78,92±3,63	78,92±3,63 [▲]	77,00±2,71 [▲]	76,85±3,11 [▲]
УОК, мл	71,28±1,83 ^{*▲°}	73,76±1,88 [▲]	75,54±1,89	76,52±1,89	76,72±1,94
МОК, л/мин	5,39±0,25 [*]	5,82±0,21 [°]	5,96±0,23 [°]	6,14±0,18 [°]	5,89±0,23 ^{°"}
ОПСС, дин с/см ⁻⁵	1425,7±67,3 [*]	1309,1±56,7 [°]	1285,1±45,9 [°]	1245,1±39,3 [°]	1303,8±43,4 ^{°"}
Девушки					
ЧСС, уд/мин	82,17±2,26 [*]	87,50±2,22	87,70±1,16 [▲]	87,00±1,36 [▲]	86,00±1,36 ^{▲"}
УОК, мл	61,46±1,36 ^{▲"}	65,99±1,75 [▲]	69,30±2,11 [°]	70,20±2,11 [°]	70,50±2,11
МОК, л/мин	5,05±0,16 [*]	5,78±0,22 [°]	6,30±2,11	7,20±2,11	7,50±2,11
ОПСС, дин с/см ⁻⁵	1442,4±32,6 ^{*"}	1259,8±36,6 ^{*°}	1233,9±17,7 ^{°"}	1233,5±19,6 ^{°"}	1191,9±27,4 [°]

Примечание. Статистическая достоверность различий:

- * – в сравнении с предыдущим замером;
- ° – между вращением педалей без внешнего отягощения (0 Вт) и пассивным вращением педалей;
- " – между вращением педалей без внешнего отягощения (0 Вт) и физической нагрузкой 0,25 Вт/кг;
- ▲ – по половым признакам.

Вышеприведенная реакция ЧСС и УОК позволяет провести анализ вклада данных показателей в формирование МОК при вращении педалей велоэргометра без внешнего сопротивления. Рост ЧСС и УОК в начале физической нагрузки обеспечивает повышение МОК, у юношей оно несколько выше – 21,2%, чем у девушек – 18%. Однако при этом уровень статистической значимости не теряется ($p < 0,05$). Дальнейшая динамика МОК связана с повышением гемодинамики. Данная динамика в обеих группах имеет различия: у юношей рост МОК происходит до третьей минуты физической нагрузки, на шестой и девятой минутах наблюдается тенденция к снижению данного показателя.

Темпы снижения ОПСС имеют схожую тенденцию с ростом МОК. Так, максимальное его снижение нами отмечено вначале функциональной пробы (30 секунда, первая минута). У девушек в течение первой минуты отмечено снижение ОПСС на уровне статистической значимости, у юношей такого характера снижение отмечено только на 30 секунде. При последующем выполнении функциональной пробы изменения в ОПСС нами не наблюдалось.

Вращение педалей велоэргометра без внешнего сопротивления вызывает изменения в вариабельности сердечного ритма. Полученные различия не

имеют особенностей в зависимости от длительности пробы (таблица 5). Так, статистически значимые изменения ($p < 0,05$) нами выявлены в снижении M_0 и росте ИН (юноши). У девушек количество показателей реагирующих аналогичным образом выше: M_0 , A_{M_0} , ИН, ИВР и ПАПР. Динамика вариационного размаха имеет тенденцию к снижению. В течение шестой и девятой минут функциональной пробы явных изменений нами не обнаружено.

Таблица 5

Вариабельность ритма сердца при функциональной пробе 0 Вт у юношей и девушек ($M \pm m$).

Показатели ССС	покой	3 мин	6 мин	9 мин
Юноши				
M_0 , сек	$0,88 \pm 0,02^\diamond$	$0,76 \pm 0,04^*$	$0,75 \pm 0,03$	$0,78 \pm 0,03^{\diamond''}$
A_{M_0} , сек	$30,6 \pm 3,5$	$40,1 \pm 4,8$	$44,1 \pm 6,3$	$42,3 \pm 3,7$
ВР, сек	$0,30 \pm 0,02$	$0,26 \pm 0,02$	$0,27 \pm 0,02$	$0,27 \pm 0,02$
ИН, у.е.	$57,5 \pm 8,3$	$102,8 \pm 13,8^*$	$109,7 \pm 15,8$	$101,2 \pm 10,9$
ПАПР, у.е.	$34,6 \pm 3,4$	$52,9 \pm 7,8$	$59,0 \pm 8,7$	$54,1 \pm 5,3$
ИВР, у.е.	$101,5 \pm 16,3$	$156,5 \pm 19,7$	$164,2 \pm 24,6$	$158,0 \pm 15,6$
Девушки				
M_0 , сек	$0,80 \pm 0,02^\diamond$	$0,69 \pm 0,02^{*''}$	$0,68 \pm 0,02^{\diamond''}$	$0,67 \pm 0,02^{\diamond''}$
A_{M_0} , сек	$33,5 \pm 1,6$	$50,5 \pm 7,9$	$53,8 \pm 5,6$	$50,5 \pm 7,9$
ВР, сек	$0,30 \pm 0,01$	$0,26 \pm 0,02$	$0,25 \pm 0,02$	$0,26 \pm 0,04$
ИН, у.е.	$71,0 \pm 5,4$	$141,2 \pm 21,6^*$	$156,1 \pm 20,4$	$143,0 \pm 27,2$
ПАПР, у.е.	$42,0 \pm 2,5$	$72,4 \pm 11,3^*$	$77,4 \pm 6,8''$	$72,4 \pm 11,3''$
ИВР, у.е.	$113,2 \pm 7,4$	$195,9 \pm 31,9^*$	$216,8 \pm 32,3$	$199,1 \pm 42,5$

Примечание. Статистическая достоверность различий:

- * – в сравнении с предыдущим замером;
- ◊ – между вращением педалей без внешнего отягощения (0 Вт) и пассивным вращением педалей;
- '' – между вращением педалей без внешнего отягощения (0 Вт) и физической нагрузкой 0,25 Вт/кг;
- ◊ – по половым признакам.

Таким образом, при адаптации ССС к вращению педалей велоэргометра без внешнего сопротивления наблюдается рост гемодинамики. При этом ведущее значение в формировании МОК отводится УОК, однако ЧСС у девушек к 30 секунде не теряет своей значимости ($p < 0,05$). Снижение ОПСС у юношей отмечено на 30 секунде, а у девушек в течение всей первой минуты.

Реакция ВСР схожа с данными при пассивном вращении педалей велоэргометра, но абсолютное значение несколько выше. Сравнительные

характеристики показателя M_o показала достоверное различие на 6 и 9 минуте между пассивным вращением педалей велоэргометра и вращением педалей при отсутствии внешнего сопротивления.

Реакция сердечно-сосудистой системы на велоэргометрическую нагрузку мощностью 0,25 Вт/кг

Было установлено, что реакция сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку сопровождалась увеличением показателей гемодинамики, степень изменения которых зависела от мощности физической нагрузки. Получено повышение ЧСС, изменение артериального давления, рост МОК и, как следствие, снижение периферического сопротивления сосудов. Вместе с тем регистрация изучаемых показателей в течение первой минуты позволила расширить представление о реакции сердечно-сосудистой системы на велоэргометрическую нагрузку.

Проведенный анализ данных показал, что наибольшее реагирование на физическую нагрузку произошло по показателям ЧСС и УОК (таблица 6). Степень их реакции имеет некоторую зависимость от пола. На 30 секунде процентное соотношение роста ЧСС и УОК имеет однонаправленный характер: у юношей ЧСС повышается на 14%, а УОК на 19%, у девушек – 16% ЧСС и 21%, соответственно УОК.

Таблица 6

Реакция сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку мощностью 0,25 Вт/кг юношей и девушек ($M \pm m$)

Показатели	30 сек	1 мин	3 мин	6 ми	9 мин
Юноши					
ЧСС, уд/мин	76,50±2,61 [▲]	77,89±2,84 [▲]	82,40±3,07 [▲]	82,3±3,5 [▲]	82,8±3,0 [▲]
УОК, мл	74,99±2,60 ^{*°}	76,06±2,98 [°]	77,89±2,84 [°]	78,0±3,5 [°]	80,8±2,9 ^{▲°}
МОК, л/мин	5,70±0,34 [*]	5,93±0,28 [°]	6,38±0,18 [°]	6,42±0,31 ^{▲°}	6,69±0,46 ^{''°}
ОПСС, дин с/см ⁻⁵	1381,6±96,5 ^{*°}	1330,0±94,2 [°]	1246,5±38,8 ^{▲°}	1237,6±344,5 ^{▲°}	1147,9±236,7 ^{''▲°}
Девушки					
ЧСС, уд/мин	86,01±3,12 ^{*▲}	89,00±3,22 [▲]	96,00±3,33 ^{▲°}	96,5±4,1 ^{▲°}	97,9±3,6 ^{▲''°}
УОК, мл	69,50±2,34 ^{*''}	71,01±2,77	73,50±1,04 [°]	74,0±3,0 [°]	70,8±2,7 ^{▲°}
МОК, л/мин	5,98±0,30 [*]	6,33±0,42 [°]	2,67±0,19 [°]	7,14±0,32 ^{▲°}	6,93±0,40 ^{▲°}
ОПСС, дин с/см ⁻⁵	1260,5±47,2 ^{*''°}	1204,7±64,8 [°]	1123,2±153,2 ^{''▲°}	1075,2±333,7 ^{''▲°}	1117,8±261,0 ^{▲°}

Примечание. Статистическая достоверность различий:

- * – в сравнении с предыдущим замером;
- ° – между физической нагрузкой 0,25 Вт/кг и пассивным вращением педалей;
- '' – между вращением педалей без внешнего отягощения (0 Вт) и физической нагрузкой 0,25 Вт/кг;
- ▲ – по половым признакам.

Как видно из цифровых значений на 30 секунде физической нагрузки увеличение гемодинамики осуществлялось за счет УОК, в обеих группах повышение достигло статистически значимого уровня ($p < 0,05$), аналогичный характер по ЧСС зафиксирован только у девушек.

Повышение УОК должно вызывать необходимость снижения T_u . В нашем исследовании T_u в течение первой минуты показывает не понижение, а тенденцию к повышению. Аналогичные данные в своих исследованиях при минимальных физических нагрузках получили ряд авторов З.Б.Белоцерковский, Б.Г.Любина, (1994), В.Л.Карпман (1994). Данный факт они объясняли наличием пропорциональности между величинами периода изгнания и ударного объема крови при нестимулированной систоле (цит. В.Л.Карпман с соавт., 1994). Известно, что диастола обеспечивает интенсивность систолической работы сердца (Е.И.Абрамова, 1969; И.Н.Вульфсон, 1974), а мощность физической нагрузки на начальной стадии её выполнения не вызывает необходимых возмущений со стороны сердечно-сосудистой системы. Поэтому компенсаторные механизмы, адаптирующие деятельность сердца при физической нагрузке необходимые для удлинения фазы диастолы, не активируются.

Общее периферическое сопротивление сосудов к 30 секунде и первой минуте имело следующую реакцию снижения: – 16,6% и 5,6% у юношей, у девушек прослеживается аналогичная картина: – 16% и 4,53%. Стоит отметить то, что темпы роста МОК превышают таковые снижения ОПСС. Так большее повышение МОК отмечено на 30 секунде – 40% у юношей, 27% у девушек. Дальнейший рост (30 секунда – 1 минута) МОК составил – 6% у юношей и 5% у девушек.

На шестой и девятой минутах физической нагрузки мощностью 0,25 Вт/кг наблюдается стабилизация изучаемых показателей. Установлено, что формирование МОК в обеих обследованных группах происходит за счет УОК ($p < 0,05$). А суммарная степень реагирования относительно состояния покоя по ЧСС и УОК выглядит следующим образом: юноши ЧСС – 14% и 27% – УОК; девушки – 12% ЧСС и УОК – 20%.

Повышение МОК у юношей происходит на 46% ($p < 0,05$). Артериальное давление систолическое растет на 5,7%, диастолическое находится на неизменном уровне. Понижение ОПСС происходит на 68%.

У девушек повышение МОК составляет 35%. Стоит отметить, что диастолическое артериальное давление у девушек, в отличие от юношей,

увеличивается на 4,1%, рост систолического составляет 10,1%. Понижение ОПСС имеет схожесть с таковой у юношей – 74%.

Срочная адаптация кардиоритма на физическую нагрузку мощностью 0,25 Вт/кг выявила статистически значимые изменения Мо, АМо, ИН; ИВР и ПАПР (таблица 7). Уровня достоверности в ответ на физическую нагрузку не достигает реакция ВР.

Таблица 7

Вариабельность ритма сердца при физической нагрузке мощностью 0,25Вт/кг у юношей и девушек (M±m).

Показатели ССС	покой	3 мин	6 мин	9 мин
Юноши				
Мо, сек	0,86±0,03	0,73±0,03* [◇]	0,71±0,02 [◇]	0,70±0,02 ^{x◇}
Амо, сек	30,6±3,5	43,8±2,3 ^{◇*}	44,6±4,0 [◇]	46,3±4,7 [◇]
ВР, сек	0,33±0,02	0,27±0,03	0,26±0,02	0,25±0,02
ИН, у.е.	55,4±11,5	114,5±13,0*	241,4±61,2	509,1±129,2
ПАПР, у.е.	35,6±5,3	59,8±2,4* [◇]	62,8±7,8 [◇]	66,1±9,1 [◇]
ИВР, у.е.	94,8±16,4	167,0±13,0*	322,65±70,4	623,7±137,7
Девушки				
Мо, сек	0,80±0,03	0,63±0,02* ^{x◇}	0,61±0,02 ^{x◇}	0,60±0,02 ^{x◇}
Амо, сек	33,5±1,6	56,8±4,9 [◇]	61,1±3,9 [◇]	66,9±5,1 [◇]
ВР, сек	0,31±0,01	0,25±0,03	0,24±0,03	0,23±0,03
ИН, у.е.	67,2±6,5	192,5±35,7*	460,9±102,1	996,0±471,8
ПАПР, у.е.	41,9±3,3	91,8±5,8* [◇]	100,1±7,6 ^{x◇}	111,5±13,5 ^{x◇}
ИВР, у.е.	107,2±6,5	239,7±36,1*	562,2±121,6	1071,8±530,2

Примечание. Статистическая достоверность различий:

- * – в сравнении с предыдущим замером;
- ^x – между физической нагрузкой мощностью 0,25Вт/кг и 0 Вт;
- [•] – между пассивным вращением и физической нагрузкой мощностью 0,25Вт/кг.
- ◇ – по половым признакам.

Таким образом, реакция сердечно-сосудистой системы юношей и девушек на физические нагрузки малой мощности имеет свои особенности. Так, вначале физической нагрузки мощностью 0,25 Вт/кг, а именно к 30 секунде, формирование МОК у юношей обеспечивает УОК, а у девушек УОК и ЧСС. Постоянство артериального давления при физической нагрузке обеспечивает ОПСС, а именно его снижение. Снижение ОПСС ($p \leq 0,05$) сочетается с ростом МОК ($p \leq 0,05$), данный факт у юношей произошел на физические нагрузки мощностью 0,25 Вт/кг на 30 секунде, у девушек выявлены аналогичные данные. В реакции ВСР было установлено увеличение централизации управления сердечным ритмом за счет увеличения средних величин ИН, ИВР, ПАПР, АМо и снижение Мо.

Максимальные абсолютные значения данных показателей выявлены у девушек, минимальные, соответственно, у юношей.

Выводы

1. Показатели частоты сердечных сокращений и ударного объема крови в группах юношей и девушек в возрасте 20-22 лет повышаются при вращении педалей без внешнего сопротивления (0 Вт) и при физической нагрузке 0,25 Вт/кг. При пассивном вращении педалей велоэргометра повышение ЧСС и УОК выявлено только в группе девушек.

2. Минутный объем кровообращения в группе юношей и девушек 20-22 лет повышается к тридцатой секунде выполнения всех нагрузок малой мощности.

3. В группах юношей и девушек в возрасте 20-22 лет минутный объем кровообращения при вращении педалей без внешнего сопротивления выше, чем при пассивном вращении педалей.

4. Установлены достоверные различия в показателях общего периферического сопротивления сосудов в группах юношей и девушек 20-22 лет между пассивным вращением педалей велоэргометра и вращением педалей без внешнего сопротивления (0 Вт).

5. В группах юношей и девушек в возрасте 20-22 лет при вращении педалей без внешнего сопротивления (0 Вт) и физической нагрузке 0,25 Вт/кг отмечается повышение показателей variability сердечного ритма.

6. Реакция variability сердечного ритма на пассивное вращение педалей велоэргометра зависит от пола. При этом в группе девушек наблюдается увеличение показателей variability сердечного ритма M_o , AM_o , IN ; IBP и $ПАПР$.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Шаяхметов, Н.Н. Взаимодействие между показателями периферического сопротивления сосудов и центральной гемодинамики в условиях относительного покоя юношей и девушек / Р.Г. Ардеев, Н.Н. Шаяхметов // Образование учащейся молодежи в сфере физической культуры и спорта: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Бирск: Бирск. гос. соц.-пед. акад., 2010. С. 6-7

2. Шаяхметов, Н.Н. Влияние венозного возврата на формирование гемодинамической реакции сердечно-сосудистой системы при различных функциональных пробах / Р.Г. Ардеев, Н.Н. Шаяхметов, Р.Я. Сафиханов // Физиологические механизмы адаптации растущего организма: Материалы X юбилейной всероссийской научной конференции с международным участием. – Казань, 2010. С. 206-208

3. Шаяхметов, Н.Н. Влияние физической нагрузки минимальной мощности на сердечно-сосудистую систему юношей и девушек / Н.Н. Шаяхметов, Р.Г. Ардеев // Образование учащейся молодежи в сфере физической культуры и спорта: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Бирск: Бирск. гос. соц.-пед. акад., 2010. С. 7-9

4. Шаяхметов, Н.Н. Реакция сердечно-сосудистой на функциональную пробу минимальной мощности / Р.Г. Ардеев, Н.Н. Шаяхметов, Р.Я. Сафиханов // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Актуальные исследования в области из культурологии». – Казань, ТГГПУ, 2010. С. 12-13

5. Шаяхметов, Н.Н. Механизмы сосудистых реакций при пассивной кинезотерапии / Н.Н. Шаяхметов // Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы физической культуры и спорта». – Уфа, УГАТУ, 2011. С. 231-232

6. Шаяхметов, Н.Н. Механизмы адаптации сердечно-сосудистой системы к функциональной пробе минимальной мощности/ Н.Н. Шаяхметов // Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы физической культуры и спорта». – Уфа, УГАТУ, 2011. С. 231-232

7. Шаяхметов, Н.Н. Период времени изгнания крови при физических нагрузках минимальной мощности / Н.Н. Шаяхметов // Образование учащейся молодежи в сфере физической культуры и спорта: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Бирск: Бирск. гос. соц.-пед. акад., 2011. С. 3-4

8. Шаяхметов, Н.Н. Адаптация сердечно-сосудистой системы на физические нагрузки минимальной мощности / Н.Н. Шаяхметов // Образование учащейся молодежи в сфере физической культуры и спорта: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Бирск: Бирск. гос. соц.-пед. акад., 2011. С. 4-5

9. Шаяхметов, Н.Н. Формирование минутного объема кровообращения при физических нагрузках минимальной мощности / Н.Н. Шаяхметов // Образование учащейся молодежи в сфере физической культуры и спорта: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Бирск: Бирск. гос. соц.-пед. акад., 2011. С. 5-6

10. Шаяхметов, Н.Н. Влияние пассивного вращения велоэргометра на повышение гемодинамики / Н.Н. Шаяхметов, Р.Г. Ардеев, Р.Я. Сафиханов // Международная научно-практическая конференция: «Актуальные проблемы физической культуры и спорта». – Уфа, УГАТУ, 2012. С. 102-104

11. Шаяхметов, Н.Н. Нормализация артериального давления при физических нагрузках малой мощности / Н.Н. Шаяхметов, Р.Г. Ардеев, Р.Я. Сафиханов // Международная научно-практическая конференция: «Актуальные проблемы физической культуры и спорта». – Уфа, УГАТУ, 2012. С. 104-107

12. Шаяхметов, Н.Н. Реакция насосной функции сердца на нагрузки малой мощности / Н.Н. Шаяхметов // Образование учащейся молодежи в сфере физической культуры и спорта: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Бирск, Бирск. гос. соц.-пед. акад., 2012. С. 112-114

13. Шаяхметов, Н.Н. Формирование минутного объема кровообращения при физических нагрузках минимальной мощности / Н.Н. Шаяхметов // Образование учащейся молодежи в сфере физической культуры и спорта: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Бирск, Бирск. гос. соц.-пед. акад., 2012. С. 114-119

14. Шаяхметов, Н.Н. Влияние велоэргометрических нагрузок минимальной мощности и пассивного вращения педалей на реакции сердечно-сосудистой системы студентов / Н.Н. Шаяхметов, Р.Г. Ардеев // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. Теоретические основы физической культуры. – Казань: Казанский федеральный университет, 2012. С. 84-88

15. Шаяхметов, Н.Н. Влияние физической нагрузки минимальной мощности на реакцию сердечно сосудистой системы / Н.Н. Шаяхметов, Р.Г. Ардеев, Е.Н. Ардеева // **«Вестник Башкирского университета»**, Т.17, №1 – 2012. С. 97-100

16. Шаяхметов, Н.Н. Реакция центральной гемодинамики на физическую нагрузку малой мощности / Н.Н. Шаяхметов, Р.Г. Ардеев, Р.Я. Сафиханов // Образование учащейся молодежи в сфере физической культуры и спорта: Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. – Бирск: Бирский филиал БашГУ, 2013. С. 53-54

17. Шаяхметов, Н.Н. Особенности насосной функции сердца юношей и девушек при физических нагрузках малой мощности / Н.Н. Шаяхметов, Ю.С. Ванюшин, Р.Г. Ардеев // **Фундаментальные исследования**, №1 (часть 2). – 2013. С. 312-314

18. Шаяхметов, Н.Н. Адаптивные реакции сердечно сосудистой системы юношей и девушек 20-22 лет на физическую нагрузку малой мощности / Н.Н. Шаяхметов, Р.Г. Ардеев // **«Вестник Башкирского университета»**, Т.18, №2 – 2013. С. 399-402