

Оригинальная статья / Original article

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-99-5-120-126>

УДК: 613.735



Гендерные различия восстановления сердечного ритма у юных спортсменов после тестовых физических нагрузок

¹Иусов И.Г., ²Гильмутдинова И.Р., ³Гуменюк С.А.¹Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия²Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия³Научно-практический центр экстренной медицинской помощи Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

Резюме

Цель. Установить гендерные различия при восстановлении сердечного ритма у юных спортсменов в фазу быстрого восстановления после тестовых физических нагрузок.**Материалы и методы.** У 60 юных биатлонистов и лыжников 13-18 летнего возраста (33 юноши и 27 девушек) изучались показатели восстановления частоты пульса, вариабельности сердечного ритма, рассчитанных по экспоненциальному уравнению в зависимости от половой принадлежности. Сопоставление результатов проводилось после субмаксимальных велоэргометрических нагрузок 2.5 Вт/кг, проводимых в течение 3-х мин и нагрузок до отказа от работы, дозированных на 1 кг массы тела (4 Вт/кг для юношей и 3.5 Вт/кг для девушек). Нагрузочное тестирование выполнялось в положении сидя на велоэргометре «Lode» (Нидерланды) с непрерывной регистрацией показателей спироэргометрии на системе «Кортекс» и продолжительности каждого сердечного цикла на системе «Polar RS800». Максимальная механическая работоспособность рассчитывалась по уравнению Мюллера, соответственно за 0.5 и 6 минут. Определяли показатели ЧСС при выполнении тестовых физических нагрузок у юношей и девушек; анаэробные (PWC_{тх0.5}) и аэробные возможности (PWC_{тх6}) юных спортсменов в зависимости от гендерной принадлежности.**Результаты.** Анализ показателей сердечного ритма у юношей и девушек в фазу быстрого восстановления после тестовых физических нагрузок показал, что после субмаксимальной нагрузки, дозированной на килограмм массы тела, юноши имеют преимущество по характеру восстановления сердечного ритма. После выполнения нагрузок до отказа от работы в фазу быстрого восстановления не определялось половых различий ни по одному из показателей восстановления сердечного ритма.**Выводы.** У юношей большая скорость снижения ЧСС при выражении в относительных величинах с учетом потенциальной возможности снижения пульса; более ускоренное восстановление вариабельности сердечного ритма (HRV) показатели экспоненциального уравнения (большие значения остаточной дисперсии, ее отношение к общей дисперсии, более низкие значения множественного коэффициента корреляции) также указывают на преимущество юношей по характеру восстановления после субмаксимальной нагрузки. Более частый пульс и медленное восстановление HRV у девушек в конце субмаксимальной нагрузки, более медленное восстановление различных показателей сердечного ритма связываются с более низкими аэробными возможностями. После выполнения нагрузок до отказа от работы не определялось половых различий ни по одному из показателей восстановления сердечного ритма в фазу быстрого восстановления.**Ключевые слова:** восстановление частоты пульса, тестовые физические нагрузки, экспоненциальное уравнение**Для цитирования:** Иусов И.Г., Гильмутдинова И.Р., Гуменюк С.А. Гендерные различия восстановления сердечного ритма у юных спортсменов после тестовых физических нагрузок. Вестник восстановительной медицины. 2020; 5 (99): 120-126. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-99-5-120-126>**Для корреспонденции:** Иусов Игорь Григорьевич, e-mail: iusov57@mail.ru**Статья получена:** 23.09.2020**Статья принята к печати:** 07.10.2020**Опубликована онлайн:** 30.10.2020

Gender Differences in Heart Rhythm Normalization in Young Sportsman after Test Physical Activities

¹Iusov I.G., ²Gilmudinova I.R., ³Gumenuyk S.A.¹Moscow Scientific Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russian Federation

²National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russian Federation³Scientific Center of Emergency, Moscow, Russian Federation

Abstract

Aim. To find gender differences in the heart rate normalization of young athletes in the rapid phase of recovery after test physical activities.

Materials and methods. In 60 young biathletes and skiers of 13-18 years old (33 boys and 27 girls) were studied indices of heart rate normalization, heart rate variability calculated by the exponential equation depending on sex. Comparison of the results was carried out after sub-maximum cycle ergometric loads of 2.5 W/kg carried out during 3 min and loads until the work was done, dosed to 1 kg of body weight (4 W/kg for boys and 3.5 W/kg for girls). Load testing was performed in a sitting position on a «Lode» ergometer (Netherlands) with continuous recording of spiro ergometric indices on «Cortex» system and each heart cycle duration on «Polar RS800» system. The maximum mechanical performance was calculated using the Mueller equation in 0.5 and 6 minutes. We determined: HPI values when performing test physical exercises in young men and women; anaerobic (PWCmx0.5) and aerobic capabilities (PWCmx6) of young athletes depending on gender.

Results. Analysis of the heart rate in boys and girls in the phase of rapid recovery after the test physical activity was showed that after sub-maximum load, dosed per kilogram of body weight of boys have an advantage in the nature of normalization of the heart rate. They have a higher rate of HRV reduction in relative terms, given the potential for heart rate reduction; faster recovery of HRV; indicators of the exponential equation (large residual dispersion of its ratio to total dispersion, lower values of multiple correlation coefficient in young men) also indicate their advantage in the nature of recovery. After performing the load before the refusal of work was not determined by gender differences in not one of the indicators of heart rate normalization in the phase of rapid recovery.

Conclusions: boys have higher rate of HRV reduction in relative values, taking into account potential heart rate reduction; faster HRV recovery; exponential equation indices (higher residual dispersion of its ratio to total dispersion, lower values of multiple correlation coefficient) also indicate the advantage of boys in character of recovery after sub-maximum load.

More frequent heart rate and more pronounced reduction of HRV in girls, at the end of submaximum load, and slower normalization of different heart rates indices are associated with lower aerobic performance capabilities. No gender differences were identified in any of the heart rate normalization rates during the rapid recovery phase after the pre-dropout phase.

Keywords: pulse frequency recovery, test physical loads, exponential equation

For citation: Iusov I.G., Gilmudtinova I.R., Gumenuyk S.A. Gender Differences in Heart Rhythm Normalization in Young Sportsman after Test Physical Activities. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2020;5 (99): 120-126. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-99-5-120-126>

For correspondence: Igor G. Iusov, e-mail: iusov57@mail.ru

Received: Sept 23, 2020

Accepted: Oct 07, 2020

Published online: Oct 30, 2020

Введение

Увеличение количества патологических состояний, переутомлений и перенапряжений у спортсменов после интенсивных физических нагрузок (лыжные гонки, триатлон, велоспорт, гандбол) вызывает выраженное беспокойство специалистов по спортивной медицине. В связи с этим, профилактике отклонений в состоянии здоровья, реализации двигательного потенциала организма, запрограммированного генетически, придается важное значение при управлении тренировочным процессом. В решении поставленной проблемы ведущая роль отводится вопросам совершенствования оценки функционального состояния и физических возможностей, занимающихся физической культурой и спортом с целью оптимизации физических нагрузок.

Одним из основных показателей, применяемых для оценки состояния сердечно-сосудистой системы занимающихся физкультурой и спортом, является частота сердечных сокращений, подсчитываемая в периоде восстановления после физической нагрузки. Показатели восстановления сердечного ритма в течение всех фаз характеризуют состояние сердечно-сосудистой системы и возможности физической работоспособности организма. Общие закономерности восстановления частоты сердечных сокращений после физической нагрузки состоят в следующем: чем выше мощность физической нагрузки, тем большие изменения происходят в нервных, гормональных, вегетативных и исполнительных центрах за время работы и соответственно, тем выше скорость восстановления нарушенного гомеостаза и работоспособности.

В настоящее время недостаточно изучены особенности динамики сердечного ритма у юных спортсменов в фазу быстрого восстановления в зависимости от характера предшествующей нагрузки, физической работоспособности, пола, биологического возраста и особенностей физического развития, а также возможности использования показателей восстановления частоты сердечных сокращений в качестве маркеров уровня функционального напряжения организма при выполняемых нагрузках и для прогнозирования физической работоспособности. Поэтому оценке восстановления сердечного ритма после физических нагрузок придается важное значение как в клинической медицине [1, 2], так и в спорте [3, 4, 5]. С этой целью применяются различные показатели: восстановления частоты пульса (HRR), восстановления вариабельности сердечного ритма [6, 7], параметры и статистические показатели экспоненциального уравнения.

Из показателей HRR наибольшее распространение в научной литературе получили показатель HRR60 [6, 8, 9], определяемый по абсолютной разнице частоты пульса через 60 сек по сравнению с пульсом окончания нагрузки (HRex), и показатель T30 (s) – временная константа краткосрочного пострезультативного восстановления. Предполагается, что краткосрочные индексы HRR60 и T30 отражают реактивацию парасимпатической нервной системы в период восстановления после нагрузки, скорость которой практически не зависит от интенсивности нагрузки. Гендерные различия восстановления сердечного ритма сопоставлялись у лиц, не занимающихся спортом [1, 10, 11]. Вместе с тем, недостаточно изучены показатели HRR,

измеренные в более короткий период восстановления их зависимости от половой принадлежности и их значение для оценки физического напряжения и работоспособности у юных спортсменов.

Материалы и методы исследования

В исследовании участвовали 60 юных спортсменов, по направленности тренировочного процесса отнесенные к циклическим видам спорта (биатлон, лыжные гонки), 13–18 летнего возраста (33 юноши и 27 девушек). Исследование девушек в критические дни не проводилось. Тренировочный стаж не менее четырех лет, спортивная классификация от второго разряда до мастера спорта. В межсоревновательный период изучались показатели восстановления частоты сердечных сокращений, вариабельности сердечного ритма, рассчитанных по экспоненциальному уравнению, в зависимости от гендерной принадлежности. Сопоставление результатов проводилось после субмаксимальных велоэргометрических нагрузок 2.5 Вт/кг, проводимых в течение 3-х мин и нагрузок до отказа от работы, дозированных на 1 кг массы тела (4 Вт/кг для юношей и 3.5 Вт/кг для девушек). Нагрузочное тестирование выполнялось в положении сидя на велоэргометре «Lode» (Нидерланды) с непрерывной регистрацией показателей спироэргометрии на системе «Кортекс» и продолжительности каждого сердечного цикла на системе «Polar RS800».

Максимальная механическая работоспособность рассчитывалась по уравнению Мюллера за 30 и 360 секунд:

$$t_{\text{lim}} = e^b / W^a$$

где t_{lim} – предельное время удержания заданной нагрузки, e – основание натурального логарифма, W – мощность нагрузки, a и b – показатели, отражающие индивидуальные характеристики энергообеспечения.

Для математического описания динамики частоты сердечных сокращений в периоде восстановления использовалась экспоненциальная модель уравнения:

$$Y = a_0 + a_1 * \text{EXP}(a_2 * t)$$

где a_0 – наименьшая относительная величина частоты сердечных сокращений в бесконечное время восстановления, a_1 – отражает отношение наименьшей относительной величины частоты сердечных сокращений к частоте сердечных сокращений окончания нагрузки, a_2 – отражает скорость восстановления частоты сердечных сокращений в фазу восстановления, t – время в минутах после прекращения нагрузки. Показатели пульса (PS) рассчитывали в относительных единицах (OPSt) к величине пульса окончания нагрузки (PSend), который определялся по средней величине PS за 10 сек. в конце каждой ступени нагрузки. Наряду с определением параметров уравнения a_0 , a_1 , a_2 рассчитывались статистические показатели: среднее квадратичное отклонение (sd), общая регрессионная дисперсия (Obd), общая остаточная дисперсия (Ostd), коэффициент множественной корреляции (R). Также по экспоненциальному уравнению определяли относительные показатели восстановления пульса через 0.5, 1, 2 и 3 минуты (OPS05, OPS1, OPS2, OPS3).

Определялись следующие показатели:

1). Показатели ЧСС при выполнении тестовых физических нагрузок у юношей и девушек;

2). Анаэробные (PWCтх0.5) и аэробные возможности (PWCтх6) юных спортсменов в зависимости от гендерной принадлежности.

Исследования проводились в рамках диссертационного исследования на базе отделения функциональной

диагностики филиала № 11 Государственного автономного учреждения здравоохранения города Москвы «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы» (ГБУЗ «ВФД № 27 ДЗМ»), кабинета нагрузочного тестирования Государственного казенного учреждения «Центр спортивных технологий и сборных команд» Москомспорта после подписания информированного добровольного согласия на проводимые исследования. Всем испытуемым проводилось углубленное медицинское обследование в объеме третьего этапа спортивной подготовки, согласно требований приказа Министерства здравоохранения Российской Федерации от 01.03.2016 г. № 134 н. Дополнительно проводились биоимпедансометрия, калиперометрия, активная ортостатическая проба.

Результаты

Тестируемые не отличались по календарному возрасту, подростковому индексу массы тела (PIM), показателям ЧСС при активной ортостатической пробе (АОП) У девочек без достоверных различий отмечалась тенденция к увеличению временного показателя срочного восстановления при исследовании лежа (LnRMSSD – квадратный корень среднего значения из суммы квадратов разностей последовательного ряда кардиоинтервалов, валидный индекс изменения парасимпатической активности после нагрузки), и к уменьшению реактивности ЧСС при проведении АОП. Мальчики имели превосходство по показателям длины, массы тела, анаэробной и аэробной работоспособности, соответственно на 25.4% и 18.6%. Девочки характеризовались увеличением показателей жирового компонента при биоимпедансометрии, несмотря на отсутствие различий в относительной массе тела. Данные по сравнительным характеристикам физического развития и функциональных показателей (МПК – максимальное потребление кислорода) у юношей и девушек ($M \pm m$) представлены в таблице 1.

В конце выполнения субмаксимальной нагрузки ЧСС у девушек составила $163,5 \pm 3.6$ уд/мин и оказалась более высокой, чем у юношей, соответственно $144,39 \pm 3.0$ уд/мин. Разница ЧСС окончания нагрузки и восстановительного периода с увеличением времени после завершения нагрузки у девушек неуклонно увеличивалась до окончания 3-й минуты, а у юношей до окончания 2-й минуты. Через 0.5 минуты восстановительного периода снижения ЧСС у юношей составила $36,21 \pm 2.7$ уд/мин и имела большую величину без достоверных различий, по сравнению с девушками, соответственно $31,45 \pm 4.2$ уд/мин. В последующие промежутки времени также не определялось достоверных различий анализируемого показателя у двух полов, однако к 3-й минуте восстановления величина частоты сердечных сокращений (HRR3) у девушек имела цифровое превосходство по сравнению с юношами. Достоверное различие ЧСС в конце нагрузки у двух полов и соответственно потенциальных возможностей снижения ЧСС в восстановительном периоде вызвало необходимость сопоставить характер восстановления при выражении HRR в относительных величинах, с учетом потенциальной возможности снижения пульса. При данном анализе на всех временных точках 3-х минутного периода юноши имели достоверное преимущество по скорости восстановления ЧСС, составлявшее от 1.16 до 1.49 раза. В таблице 2 сопоставлены показатели восстановления частоты пульса в группах юношей и девушек, сходных по аэробной работоспособности.

Таблица 1. Сравнительная характеристика физического развития и функциональных показателей у юношей и девушек ($M \pm m$)**Table 1.** Comparative characteristics of physical development and functional indicators in boys and girls ($M \pm m$)

Показатели / Indicators	Юноши (n=33) / Boys(n=33)	Девушки (n=27) / Girls(n=27)
Возраст, лет / Age, years	15.33±0.32	15.46±0.6
Длина тела, см. / Body length, cm	172.5±2.1	164.8±1.8*
Масса тела, кг. / Body weight, kg.	60.86±2.3	53.45±2.4*
Подростковый индекс массы (PIM), ед. / Teenage mass index (PIM), units	98.33±1.7	99.21±2.8
Средняя жировая складка, мм. / Average fat fold, mm	8.037±0.32	12.4±1.1*
Процент жировой ткани / Percentage of adipose tissue	13,35±0.8	18,96±1.4*
LnRMSSD (лежа), мс / LnRMSSD (lying down), ms	4.41±0.1	4.49±0.12
ЧСС лежа, уд./мин. / Heart rate lying down, beats / min.	63,75±1.9	65,35±2.3
ЧСС максимальная при активной ортопробе, уд/мин / Maximum heart rate with active orthopedic test, beats / min	99,88±2.3	96,59±2.6
ЧСС стоя в конце 2-ой мин, уд/мин / Heart rate standing at the end of the 2nd min, beats / min	88±2.5	84.2±2.4
ЧСС стоя в конце 2-ой мин - ЧСС лежа, уд/мин / HR standing at the end of the 2nd min - HR lying down, beats / min	24.3±1.9	19.1±1.6
ЧСС окончания нагрузки, уд/мин / End of load heart rate, beats / min	144.4±3.0	163.5±3.6*
PWCтх05, вт/кг / PWCтх05, w / kg	9.16±0.2	7.301±0.16*
PWCтх6, вт/кг / PWCтх6, w / kg	3.862±0.05	3.162±0.1*
МПК, мл/кг / MLC, ml / kg	60.44±0.8	50.98±1.4*

Примечание: *достоверность различий $P < 0.05$

Note: * significance of differences $P < 0.05$

PWCтх6 составляла соответственно 3.4 ± 0.1 вт/кг у юношей и 3.39 ± 0.1 вт/кг – у девушек. При одинаковой работоспособности величины показателя ЧСС, как при окончании нагрузки, так и в восстановительном периоде, выраженные в абсолютных и относительных величинах, не отличались достоверно у разных полов. Девушки имели тенденцию к большей скорости восстановления, как по HRR так и % HRR1/pl в первую минуту восстановительного периода. По общим данным при завершении нагрузки величина показателя срочного восстановления

(LnRMSSD) у юношей составила $1,37 \pm 0,1$ мс и оказалась достоверно больше, чем у девушек $0,97 \pm 0,03$. В первые полторы минуты восстановительного периода показатель вариабильности сердечного ритма неуклонно увеличивался, после чего находился на относительно стабильном уровне у обеих полов. Достоверно более высокие величины показателя срочного восстановления (LnRMSSD мс) регистрировались у юношей на протяжении всех временных интервалов 3-х минут восстановительного периода.

Таблица 2. Половые различия в динамике показателей восстановления частоты пульса**Table 2.** Sex differences in heart rate recovery rate dynamics

Данные / Data	Общие показатели / Common indicator		При одинаковой аэробной работоспособности / The same aerobic performance	
	Юноши / Boys n=33	Девушки / Girls n=27	Юноши / Boys PWCтх6 = 3.4 ± 0.1 n=7	Девушки / Girls PWCтх6 = 3.39 ± 0.1 n=7
psmxraz	144,39±3.0	163,5±3.6*	156,3± 4.4	157,6 ± 4.8
Psmx-ps0	66.3±2.5	81.4±4.3*	73.2±4.3	76,6 ± 4.6
HRR05raz	36,21±2.7	31,45±4.2	31.83±2.6	35.92±5.2
HRR1raz	52,36±2.9	53,37±3.1	49.05±4.2	57.16±4.0
HRR2raz	61,36±2.8	57,36±3.8	60.83±4.3	59.86±4.8
HRR3raz	58,75±2.2	64,85±3.1	62.6±3.3	65.42±3.4
%HRR05/p	58,08±3,6	39,12±4.2*	45.08±4.0	46.67±4.9
%HRR1/pl	81,32±3.2	67,56±3.9*	68.57±3.4	74.83±4.6
%HRR2/pl	94,12±3.1	72,18±3.7*	86.98±4.2	79.89±5.3
%HRR3/pl	91,1±3,1	78,69±3.2*	85.2±4.0	82.93±3.2

Примечание: *достоверность различий $P < 0.05$

Note: * the significance of differences $P < 0.05$

Таблица 3. Половые различия динамики вариабельности сердечного ритма
Table 3. Sex differences in heart rate variability dynamics

Время после завершения нагрузки, мин/Time after load completion, min	Общие данные/ Common data		Юноши/Boys PWCmax6= 3.4±0.1 n= 7	Девушки/Girls PWCmax6= 3.39 ± 0.1 n=6
	Юноши/Boys n=33	Девушки/Girls n=17		
0	1,37±0,1	0,97±0,03*	0,95±0,04	0,96± 0,05
0–0.5	2,43±0,18	1,76±0,16*	1,85±0,15	2.0± 0.17
0.5–1.0	3,5±0,21	2,46±0,18 *	2,79±0,17	2,93± 0.18
1.0–1.5	3,7±0,18	3.0±0,19*	3,12±0,22	3,43± 0.15
1.5–2.0	3,73±0,17	2,88±0,17*	3,2± 0,18	3,31± 0.17
2.0–2.5	3,77±0,16	2,8±0,13*	3,3± 0,15	3,25± 0,17
2.5–3.0	3,59±0,15	2,74 ± 0.11*	3,17± 0,16	3,1± 0,16

Примечание:* достоверность различий $P < 0.05$
Note: * the significance of differences $P < 0.05$

ИУСОВ И.Г. И ДР. | ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

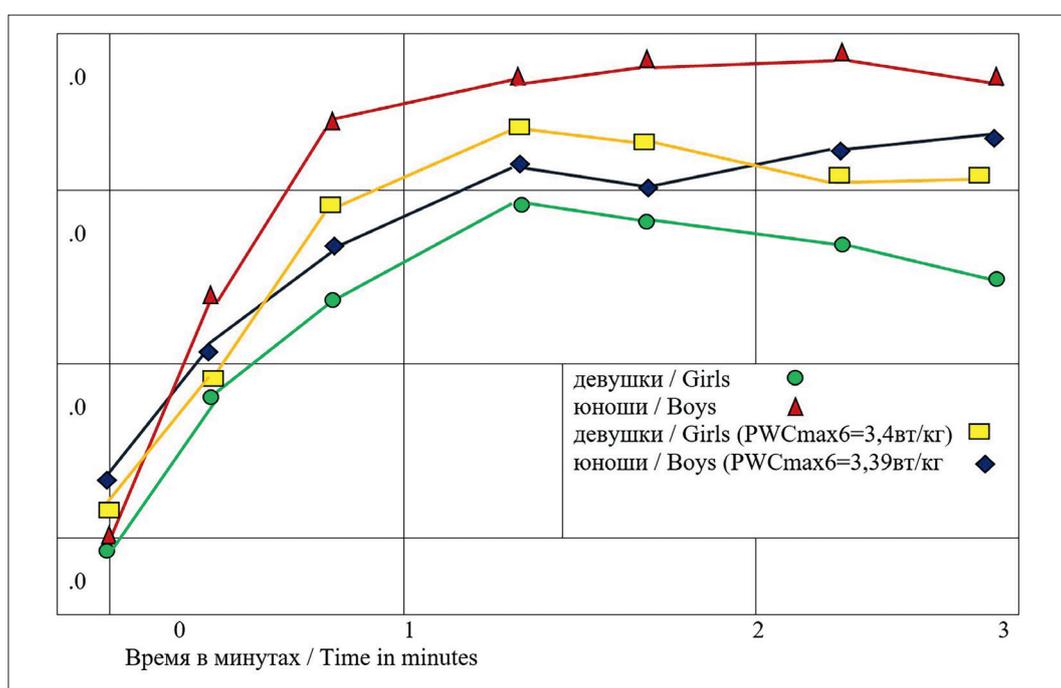


Рис. 1. Половые различия динамики вариабельности сердечного ритма
Fig. 1. Sex differences in heart rate variability dynamics

Установлена зависимость динамики вариабельности сердечного ритма в фазу быстрого восстановления от показателей работоспособности и реактивности частоты сердечных сокращений при проведении активной ортостатической пробы. Как у девушек, так и у юношей положительные значения для восстановления вариабельности сердечного ритма имели аэробные возможности в положении лежа. В таблице 3 и рисунке 1 показано сопоставление динамики вариабельности сердечного ритма в восстановительном периоде в группах юношей и девушек, сходных по аэробной работоспособности. PWCmax6 составляла соответственно 3.4 ± 0.1 и 3.39 ± 0.1 вт/кг. При одинаковой работоспособности величины показателя срочного восстановления ($\ln RMSSD$, мс) не отличались достоверно у разных полов, как при завершении нагрузки, так и в восстановительном периоде. Однако, девушки имели тенденцию к большей скорости восстановления вариабельности сердечного ритма в первые две минуты восстановительного периода.

Величины снижения ЧСС в восстановительном периоде неуклонно увеличивались и достоверно не отличались у юношей и девушек в определенные временные точки. Показатели вариабельности сердечного ритма, зарегистрированные в конце нагрузки до отказа, как и в разные моменты времени восстановительного периода, имели сходную динамику и не отличались достоверно у обоих полов, хотя юноши имели некоторое цифровое преимущество анализируемого показателя. ЧСС при завершении нагрузки в группе юношей и девушек составила $190,2 \pm 1.1$ и $190,1 \pm 1.4$ и не отличалась достоверно, как и показатели потенциального снижения ЧСС после нагрузки. Показатели вариабельности сердечного ритма в фазу быстрого восстановления, рассчитанные по экспоненциальному уравнению в течение 3-х минутного периода восстановления также не имели достоверных различий с учетом пола.

Сравнительный анализ показателей сердечного ритма у юношей и девушек в фазу быстрого восстановления после физической нагрузки показал, что после субмаксимальной

Таблица 4. Половые различия показателей сердечного ритма, зарегистрированные после выполнения физической нагрузки до отказа ($M \pm m$)**Table 4.** Sex differences in heart rate recorded after physical activity before failure ($M \pm m$)

Показатели/Indicators	Юноши/Boys (n=33)	Девушки/Girls (n=27)
Мощность нагрузки, вт/кг. мин/Load power, W/kg. min	4.0	3.5
Продолжительность работы, мин/Duration of work, min	5.62±0.28	5.34 ±0.36
Ps max	190,2±1.1	190,1±1.4
Ps ex-0	112,2±2.5	109,6±3.5
а) Показатели восстановления частоты пульса/Heart rate recovery rates		
HRR05	21,87±1.5	19,57±2.2
HRR1	40,95±2.1	36,15±2.8
HRR2	62,03±2.2	57,64±3.0
HRR3	68,71±2.2	64,96± 2.9
б) Показатели вариабельности сердечного ритма/Heart rate variability indicators		
LnRMSSD 0	1,27± 0.05	1,19±0.05
LnRMSSD 0–0.5	1,19±0.05	1,15±0.1
LnRMSSD 0.5–1.0	1,28±0.06	1,22±0.15
LnRMSSD 1.0–1.5	1,35±0.09	1,26±0.16
LnRMSSD 1.5–2.0	1,39±0.1	1,28±0.14
LnRMSSD 2.0–2.5	1,48±0.1	1,32±0.14
LnRMSSD 2.5–3.0	1,50±0.1	1,41±0.14
г) Показатели, рассчитанные по экспоненциальному уравнению/Indicators calculated using the exponential equation		
a0	0,57±0.02	0,56±0.01
a1	0,44±0.02	0,45±0.01
a2	0,81±0.04	0,74±0.07
Obd	5,42±0.2	5,39±0.3
Ostd	0,15±0.01	0,12±0.02
Ostd/Obd	2,73±0.2	2,46±0.2
R (множ)	0,98±0.002	0,98±0.02

Примечание:* достоверность различий $P < 0.05$

Note: * the significance of differences $P < 0.05$

нагрузки, дозированной на килограмм массы тела, юноши имеют преимущество по характеру восстановления сердечного ритма. У них большая скорость снижения ЧСС при выражении в относительных величинах с учетом потенциальной возможности снижения пульса, более ускоренное восстановление вариабельности сердечного ритма. Показатели экспоненциального уравнения (большая остаточная дисперсия ее отношение к общей дисперсии, более низкие значения множественного коэффициента корреляции у юношей) указывают на их преимущество по характеру восстановления после субмаксимальной нагрузки, дозированной на килограмм массы тела. После выполнения нагрузок до отказа от работы не определялось половых различий не по одному из показателей сердечного ритма в фазу быстрого восстановления. Более выраженная вариабельность сердечного ритма у девушек в фазу быстрого восстановления после субмаксимальной нагрузки, дозированной на килограмм массы тела и медленное восстановление показателей сердечного ритма, связаны с более низкими возможностями выполнения аэробной работы.

Заключение

Таким образом, сравнительный анализ показателей сердечного ритма у юношей и девушек в фазу быстрого

восстановления после тестовых физических нагрузок показал, что после субмаксимальной нагрузки, дозированной на килограмм массы тела, юноши имеют преимущество по характеру восстановления сердечного ритма. У юношей большая скорость снижения ЧСС при выражении в относительных величинах с учетом потенциальной возможности снижения пульса; более ускоренное восстановление вариабельности сердечного ритма; показатели экспоненциального уравнения (большие остаточная дисперсия ее отношение к общей дисперсии, более низкие значения множественного коэффициента корреляции у юношей) также указывают на их преимущество по характеру восстановления. После выполнения нагрузок до отказа от работы не определялось половых различий не по одному из показателей восстановления сердечного ритма в фазу быстрого восстановления. Полученные результаты – более частый пульс и более выраженное снижение вариабельности сердечного ритма у девушек, в конце субмаксимальной нагрузки, и более медленное восстановление различных показателей сердечного ритма связываются с более низкими аэробными возможностями работоспособности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Cole C.R., Foody J.M., Blackstone E.H., Lauer M.S., Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascular healthy cohort. *Annals of Internal Medicine*. 2000; (4): 552–555.
- Giardini A., Fenton M. Impairment of heart rate recovery after peak exercise predicts poor outcome after pediatric heart transplantation. *Circulation*. 2013; (128): 199–204.
- Borresen J., Lambert M.I. Autonomic control of heart rate during and after exercise. *Sports Medicine*. 2008; (38): 633–646.
- Daanen H.A., Lamberts R.P., Kallen V.L., Jin A., Van Meeteren N.L. A systematic review on heart-rate recovery to monitor changes in training status in athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2012; 7 (3): 251–260.
- Imai K., Sato H., Hori M., Kusuoka H., Ozaki H., Yokoyama H., Takeda H., Inoue M., Kamada T. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*. 1994; (24): 1529–1535.
- Goldberger J.J., Le F.K., Lahiri M., Kannankeril P.J., Ng J., Kadish H.H. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *American Journal of Physiology*. 2006; (290): 2446–2452.
- Perini R., Orizio C., Comandè A., Castellano M., Beschi M., Veicsteinas A. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1989; 58 (8).
- Laguna M., Aznar S. Heart rate recovery is associated with obesity traits and related cardiometabolic risk factors in children and adolescents. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*. 2013; (23): 995–1001.
- Mahon A.D., Anderson C.S., Hipp M.J. Heart rate recovery from submaximal exercise in boys and girls. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2003; (35): 2093–2097.
- Pecanha T., Silva-junior N. Heart rate recovery: autonomic determinants, assessment and association with mortality and cardiovascular diseases. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2014; (34): 327–339.
- Coote J.H. Recovery of heart rate following intense dynamic exercise. *Experimental Physiology*. 2010; (95): 431–440.
- Прусов П.К. Показатели экспоненциального уравнения в оценке восстановления частоты пульса у юных спортсменов после выполнения возрастающих по мощности, прерывистых велоэргометрических нагрузок до отказа. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2012; 1 (4): 12–19.
- Прусов П.К., Иусов И.Г. Характеристика восстановления частоты пульса у юных спортсменов после велоэргометрической нагрузки разной интенсивности. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2017; 4 (4): 25–28.

REFERENCES

- Cole C.R., Foody J.M., Blackstone E.H., Lauer M.S., Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascular healthy cohort. *Annals of Internal Medicine*. 2000; (4): 552–555.
- Giardini A., Fenton M. Impairment of heart rate recovery after peak exercise predicts poor outcome after pediatric heart transplantation. *Circulation*. 2013; (128): 199–204.
- Borresen J., Lambert M.I. Autonomic control of heart rate during and after exercise. *Sports Medicine*. 2008; (38): 633–646.
- Daanen H.A., Lamberts R.P., Kallen V.L., Jin A., Van Meeteren N.L. A systematic review on heart-rate recovery to monitor changes in training status in athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2012; 7 (3): 251–260.
- Imai K., Sato H., Hori M., Kusuoka H., Ozaki H., Yokoyama H., Takeda H., Inoue M., Kamada T. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*. 1994; (24): 1529–1535.
- Goldberger J.J., Le F.K., Lahiri M., Kannankeril P.J., Ng J., Kadish H.H. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *American Journal of Physiology*. 2006; (290): 2446–2452.
- Perini R., Orizio C., Comandè A., Castellano M., Beschi M., Veicsteinas A. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1989; 58 (8).
- Laguna M., Aznar S. Heart rate recovery is associated with obesity traits and related cardiometabolic risk factors in children and adolescents. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*. 2013; (23): 995–1001.
- Mahon A.D., Anderson C.S., Hipp M.J. Heart rate recovery from submaximal exercise in boys and girls. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2003; (35): 2093–7.
- Pecanha T., Silva-junior N. Heart rate recovery: autonomic determinants, assessment and association with mortality and cardiovascular diseases. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2014; (34): 327–339.
- Coote J.H. Recovery of heart rate following intense dynamic exercise. *Experimental Physiology*. 2010; (95): 431–440.
- Prusov P.K. Pokazateli eksponencial'nogo uravneniya v oцenke vosstanovleniya chastoty pul'sa u yunyh sportsmenov posle vypolneniya vozrastayushchih po moshchnosti, preryvistyh veloergometricheskikh nagruzok do otkaza [Indicators of the exponential equation in estimation of recovery of heart rate at young sportsmen after performance of increasing power, intermittent bicycle ergometric loads to failure]. *Sports medicine: science and practice*. 2012; 1 (4): 12–19 (In Russ.).
- Prusov P.K., Iusov I.G. Harakteristika vosstanovleniya chastoty pul'sa u yunyh sportsmenov posle veloergometricheskoy nagruzki raznoj intensivnosti [Characteristics of recovery of pulse rate in young sportsmen after ergometric bicycle load of different intensity]. *Sports medicine: science and practice*. 2017; 4 (4): 25–28 (In Russ.).

Информация об авторах:

Иусов Игорь Григорьевич, заведующий организационно-методическим отделом по спортивной медицине, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы, e-mail: iusov57@mail.ru.

Гильмутдинова Ильмира Ринатовна, кандидат медицинских наук, заведующий отделом биомедицинских технологий, Национальный исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, e-mail: GilmutdinovaIR@nmicrk.ru.

Гуменюк Сергей Андреевич, кандидат медицинских наук, главный внештатный специалист по первой помощи, заместитель директора, Научно-практический центр экстренной медицинской помощи Департамент здравоохранения города Москвы.

Information about the authors:

Elgor G. Iusov, Head of Organizational-Methodical Department of Sport Medicine, Moscow Scientific Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, e-mail: iusov57@mail.ru.

Ilmira R. Gilmutdinova, Cand. Sci. (Med.), Head of Biomedical Technologies Department, National Research Center of Rehabilitation and Balneology, e-mail: GilmutdinovaIR@nmicrk.ru.

Sergey A. Gumenuyk, Cand. Sci. (Med.), Chief External Specialist in First Aid, Deputy Director, Scientific Center of Emergency, Moscow, Russian Federation

