Спортивная Медицина: наука и практика

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.25

УДК: 612.172

Характеристика восстановления частоты пульса у юных спортсменов после велоэргометрической нагрузки разной интенсивности

[1,2]П. К. ПРУСОВ, [2]И. Г. ИУСОВ

[1]ФГБОУ ДПО Институт повышения квалификации ФМБА России, Москва, Россия
[2]ГАУЗ г. Москвы Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия

Сведения об авторах:

Прусов Петр Кириллович – профессор кафедры восстановительной медицины, лечебной физкультуры и спортивной медицины, курортологии и физиотерапии ФГБОУ ДПО Институт повышения квалификации ФМБА России, ведущий научный сотрудник ГАУЗ г. Москвы Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы, д.м.н.

Иусов Игорь Григорьевич – заведующий организационно-методическим отделом по спортивной медицине ГАУЗ г. Москвы Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы

Feature of heart rate recovery in young athletes after a bicycle load of different intensity

[1,2]P. K. PRUSOV, [2]I. G. IUSOV

[1]Institute of Advanced Training of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow, Russia
[2]Moscow Theoretical and Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russia

Information about the authors:

Petr Prusov – M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Rehabilitation, Exercise Therapy and Sports Medicine, Balneology and Physiotherapy of the Institute of Advanced Training of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Leading Researcher of the Moscow Theoretical and Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine

Igor Iusov – Head of the Organizational Methodological Department for Sports Medicine of the Moscow Theoretical and Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine

---

Цель исследования: установить зависимость показателей восстановления частоты пульса от интенсивности предшествующей нагрузки у юных спортсменов. **Материалы и методы:** обследованы 24 юные спортсмена 13-18 летнего возраста, у которых в зависимости от величины предшествующей 4-х минутной велоэргометрической прерывистой нагрузки до отказа изучали динамику частоты пульса в 3-х минутные восстановительные периоды. Показатели мощности нагрузки и потребления O_2 выражались в относительных величинах (0PWCmx и 0Pomx) с учетом максимально достигнутых величин. Определяли: 1. Величины снижения пульса по сравнению с окончанием нагрузки через 0,5, 1 и 3 минуты; 2. Время достижения 50% восстановления (t50%HRR); 3. Относительные показатели частоты пульса к пульсу окончания нагрузок через 0.5, 1 и 3 мин (rHR0.5, 1 и 3). **Результаты:** с увеличением интенсивности нагрузки показатели восстановления частоты пульса изменялись по-разному. Наиболее информативными для оценки интенсивности нагрузки оказались rHR3/0.5, t50%HRR и показатели снижения частоты пульса через 0,5 и 1 минут, рассчитанные относительно потенциальной возможности восстановления пульса. **Выводы:** показатели восстановления частоты пульса отражают физическое напряжение организма от максимального уровня. Разработаны многопараметрические уравнения для прогнозирования интенсивности нагрузки и аэробной работоспособности.

Ключевые слова: восстановление частоты пульса; интенсивность нагрузки; юные спортсмены; математические модели.

Для цитирования: Прусов П.К., Иусов И.Г. Характеристика восстановления частоты пульса у юных спортсменов после велоэргометрической нагрузки разной интенсивности // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. Т.7, №4. С. 25-29. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.25.

Objective: to determine the dependence of heart rate recovery indexes from intensity of previous load in young athletes. **Materials and methods:** the study included 24 young athletes of 13-18 years old. Dynamics of heart rate during 3 minutes of recovery period was studied depending on the intensity of the preceding 4 minutes of bicycle intermittent load to failure. Load power and oxygen consumption were expressed in relative values (rPWCmx and rPomx) taking into account maximum achieved values. Following parameters were determined: 1. Values of pulse decrease in comparison with the end of the load after 0.5, 1 and 3 min; 2. Reaching time for 50% of recovery (t50%HRR); 3. Relation between indexes of heart rate and heart rate of loads end after 0.5, 1 and 3 min (rHR0.5, 1, 3). **Results:** with increasing of load intensity the heart rate recovery indexes changed differently. The most

Sports Medicine: research and practice

Т. 7. № 4. 2017

informative methods for evaluation of load intensity were rHR3/0.5, t50%HRR and heart rate reduction indexes after 0.5 and 1 min calculated on the potential possibility of heart rate recovery. **Conclusions:** the heart rate recovery indexes reflect the physical exertion of the organism from the maximum level. Multivariate equations to predict load intensity and aerobic capacity are developed.

Key words: heart rate recovery; load intensity; young athletes; mathematical models.

For citation: Prusov PK, Iusov IG. Feature of heart rate recovery in young athletes after a bicycle load of different intensity. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2017;7(4):25-29. (in Russian). DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.25.

Введение

Оценке восстановления сердечного ритма после физических нагрузок придается важное значение как в клинике [1, 2], так и в спорте [3-6]. С этой целью применяются показатели восстановления частоты пульса (HRR) [1, 2, 5, 7], восстановления вариабельности сердечного ритма [6, 8], параметры и статистические показатели экспоненциального уравнения [4, 9].

Из показателей HRR наибольшее распространение в научной литературе получили показатель HRR60 [1, 5, 6], определяемый по абсолютной разнице частоты пульса через 60 сек по сравнению с пульсом окончания нагрузки (HRex), и показатель T30 (s) – временная константа краткосрочного постнагрузочного восстановления – или отрицательная обратная величина угла наклона линии регрессии изменения HR ко времени восстановления за 30 сек 1-ой мин. [7]. Предполагается [5, 7], что краткосрочные индексы HRR60 и T30 отражают реактивацию парасимпатической нервной системы в периоде срочного восстановления после нагрузки, скорость которой практически не зависит от интенсивности нагрузки. Вместе с тем, недостаточно изучены другие показатели HRR, измеренные в более короткий и более длительный периоды восстановления, их зависимость от интенсивности нагрузки и их значение для оценки физического напряжения и работоспособности, особенно у юных спортсменов. Также представляет научный и практический интерес вопрос относительной оценки показателей HRR с учетом частоты пульса окончания нагрузки (HRex) и его прироста по сравнению с состоянием покоя ΔHRex.

Материалы и методы исследования

Под наблюдением находилось 24 юных спортсмена 13-18 летнего возраста, различной направленности тренировочного процесса (биатлон, лыжные гонки, футбол, каратэ, акробатика, тяжелая атлетика и другие). 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. HRR определялось в 3-х мин перио-ды отдыха после 4-х мин работы. Начальная мощность нагрузки составляла 1.0 W/kg, с последующим увеличением на 0.5 W/kg на каждой последующей ступени до отказа от работы. Максимум потребления O_2 (POpek) ml/kg определялся по наибольшей величине за 30 сек при выполнении нагрузки, а максимальная работоспособность (PWCmx) W/kg по мощности, достигнутой на последней ступени нагрузки. Если обследуемый не отработал полностью 4 мин на определенной ступени нагрузки, то PWCmx определялась как Np+0,5*tn/4, где Np – мощность нагрузки полностью завершенной ступени, tn – время в мин., проработанное на незавершенной ступени нагрузки. По отношению мощности нагрузки или PO, зарегистрированных на определенной ступени нагрузки, к результатам максимальных величин рассчитывали относительные показатели rPWCmx и rPOpek. Сравнительный анализ показателей HRR провели с учетом интенсивности нагрузки от 0,3 до 1,0 ед. в группах, сформированных через 0,1 ед rPWCmx.

Определялись следующие показатели HRR:

1) Абсолютные величины снижения частоты пульса уд/мин через 0.5, 1 и 3 мин по сравнению с окончанием нагрузки (HRR05, HRR1, HRR 3);

2) Угол наклона динамики пульса ко времени в 1-ую мин восстановления с расчетом индекса T30 (Imai,1994) и индекса Giardini, 2013;

3) Относительные показатели частоты пульса восстановления к пульсу окончания нагрузок в ед. через 0,5; 1 и 3 мин (rHR0,5, rHR1, rHR3) и отношение rHR3/0,5;

4) Относительные показатели восстановления пульса, ед. через 0,5; 1,0 и 3.0 мин с учетом ΔHRex (HRR05/ΔHRex , HRR1/ΔHRex, HRR3 /ΔHRex;

5) Время достижения 50% восстановления (t50%HRR), мин.

Результаты

Средние величины PWCmx и POpek юных спортсменов составили соответственно 3,6 ватт/кг и 53,2 мл/кг с диапазоном колебаний соответственно от 1,75 до 4,5 ватт/кг и от 33,0 до 65 мл/кг. Что в определенной степени отражает разнообразие исследуемой группы по направленности тренировочного процесса. Относительные показатели интенсивности нагрузки, определяемые по rPWCmx и rPOpek имели почти функциональную связь, коэффициент корреляции для общей матрицы составил 0,96.

Данные частоты пульса, его увеличение при нагрузке и показатели восстановления в зависимости от интенсивности нагрузки представлены в табл. 1 и рис. 1. С нарастанием интенсивности частота пульса окончания нагрузки и ее изменение по сравнению с уровнем покоя (ΔHRex) неуклонно увеличивались, отражая нарастание потенциальной возможности восстановления частоты пульса по абсолютной величине.

Абсолютные величины HRRt, (рис. 1, *а*), анализируемые в зависимости от интенсивности нагрузки изменялись по разному с учетом времени регистрации показателей. Показатели HRR0.5 и HRR1 при нарастании интенсивности нагрузки до 0,6-0,7 ед. увеличивались, пос

Таблица 1

Показатели восстановления частоты пульса юных спортсменов в зависимости от интенсивности велоэргометрической нагрузки (M±m)

Table 1

Indexes of heart rate recovery of young athletes depending on the intensity of Bicycle load

Показатели HHR	Интенсивность нагрузки rPWCmx, ед							
rPWC, ед	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
rPOpek, ед	0,42±0,016	0,496±0,012	0,56±0,015	0,648±0,011	0,746±0,015	0,83±0,012	0,913±0,011	0,975±0,009
HRex, уд/мин	123,0±3,8	134,2±3,2	142,7±3,2	153,7±3,0	165,6±2,9	178,1±2,0	187,7±1,6	193,5±1,7
HRex-0, уд,мин	36,93±3,6	47,79±3,2	57,12±3,8	67,87±3,3	81,28±3,5	93,14±3,7	100,8±3,3	108,3±3,4
HRR0.5, уд,мин	26,08±1,6	28,24±1,8	28,73±1,6	28,99±1,8	29,16±1,7	26,96±1,7	24,45±1,7	22,15±1,5
HRR1, уд,мин	31,86±1,8	36,45±2,0	40,54±1,9	43,5±2,5	45,3±2,1	44,22±2,2	42,48±2,2	40,71±2,0
HRR3, уд,мин	34,05±1,9	39,65±2,5	47,9±2,0	54,8±2,8	61,06±2,5	62,78±2,7	65,74±2,2	69,1±2,3
T30, сек	169,8±21	169,6±15	150,2±10	153±14	156,4±13	177,4±16	259,3±27	256,0±22
Индекс Giardini, уд/сек	0,529±0,05	0,559±0,05	0,652±0,05	0,691±0,05	0,799±0,04	0,801±0,04	0,707±0,05	0,684±0,04
rHR05, ед	0,787±0,015	0,789±0,014	0,798±0,013	0,811±0,014	0,823±0,011	0,848±0,01	0,869±0,01	0,885±0,08
rHR1, ед	0,74±0,015	0,728±0,016	0,715±0,014	0,716±0,016	0,726±0,013	0,751±0,013	0,773±0,011	0,789±0,01
rHR3, ед	0,723±0,015	0,704±0,019	0,664±0,014	0,643±0,018	0,631±0,014	0,647±0,015	0,649±0,011	0,643±0,011
rHR3/05 , ед	0,917±0,01	0,892±0,012	0,831±0,011	0,793±0,014	0,766±0,014	0,763±0,013	0,747±0,011	0,726±0,011
HRR0.5/ΔHRex,ед	0,706±0,05	0,59±0,04	0,502±9,04	0,427±0,03	0,358±0,02	0,289±0,02	0,242±0,016	0,204±0,011
HRR1/ΔHRex ,ед	0,862±0,07	0,762±0,04	0,709±0,05	0,64±0,03	0,557±0,03	0,474±0,02	0,421±0,018	0,375±0,014
HRR3/ΔHRex,ед	0,922±0,08	0,829±0,06	0,838±0,05	0,807±0,03	0,751±0,03	0,674±0,03	0,652±0,02	0,636±0,02
t50%HRR, мин	0,327±0,05	0,449±0,06	0,608±0,09	0,763±0,1	0,9±0,09	1,416±0,15	1,495±0,14	1,52±0,09

ле чего неуклонно снижались до момента отказа от нагрузки. В то время как величина восстановления пульса за 3 мин постоянно увеличивалась с нарастанием rPWCmx.

На рис. 1, *б* представлены данные HRR, рассчитанные с учетом регрессии угла наклона снижения частоты пульса ко времени в течение 1-ой мин восстановления. С увеличением интенсивности нагрузки до 0,5-0,7 единиц rPWCmx показатель T30 снижался, а индекс Giardini увеличивался (нарастание скорости восстановления HR). При дальнейшем увеличении интенсивности нагрузки до отказа скорость HRR снижалась по обоим показателям.

Относительные показатели HRR представлены на рис. 1, *с* и 1, *д*. Показатели частоты пульса, зарегистрированные в определенное время восстановления и выраженные учетом частоты пульса окончания нагрузки рис. 1, *с*, изменялись поразному в зависимости от интенсивности нагрузки. Величина rHR0,5 неуклонно увеличивалась с нарастанием нагрузки, тогда как соответствующий показатель, зарегистрированный через 3 мин или rHR3, снижался при нарастании rPWCmx до 0,7 ед, а затем с увеличением интенсивности нагрузки практически стабилизировался. Индекс отношения восстановления, достигнутого за 3 мин, к таковому, произошедшему за 0,5 мин, или rHR3/0,5 неуклонно снижался с увеличением интенсивности нагрузки.

Показатели снижения частоты пульса за определенное время (HRRt), рис. 1, *д*, рассчитанные с учетом потенциальной возможности восстановления (ΔHRex) или HRR05/ΔHRex, HRR1/ΔHRex, HRR3/ΔHRex неуклонно снижались с нарастанием интенсивности нагрузки. Относительный показатель HRR, определяемый по времени достижения 50% восстановления (t50%HRR), мин, табл. 1, неуклонно увеличивался с нарастанием интенсивности нагрузки.

Линейный корреляционный анализ показателей HRR с интенсивностью выполняемой нагрузки показал различные уровни взаимосвязей, от отсутствия таковых до высокого уровня. Высокий уровень корреляций как с rPWCmx, так и с rPOpek с отрицательным знаком определялся для rHR3/0,5, HRR05/ΔHRex, HRR1/ΔHRex, с положительным знаком для t50%HRR и HRR3. Соответственно средний уровень значимости с отрицательным знаком определялся для HRR3/ΔHRex и положительным для rHR0,5. Низкий уровень значимости определялся для HR1, rHR1 и rHR3.

В таблице 2 представлены математические модели прогнозирования относительной мощности нагрузки и потребления O_2 от максимальных величин по данным показателей HRR, разработанные методом пошаговой регрессии. Множественные коэффициенты корреляции прогнозирования rPWCmx и rPOpek составили соответственно 0,92 и 0,89 ед. Включенные в первое и второе уравнения соответственно пять и три переменные оказались в основном относительными показателями HRR. Для расчета максимальных показателей работоспособности рекомендуются формулы: PWCmx=Nт/rPWCmx и POpek = = POт/rPOpek, где Nт и POт – соответственно мощность

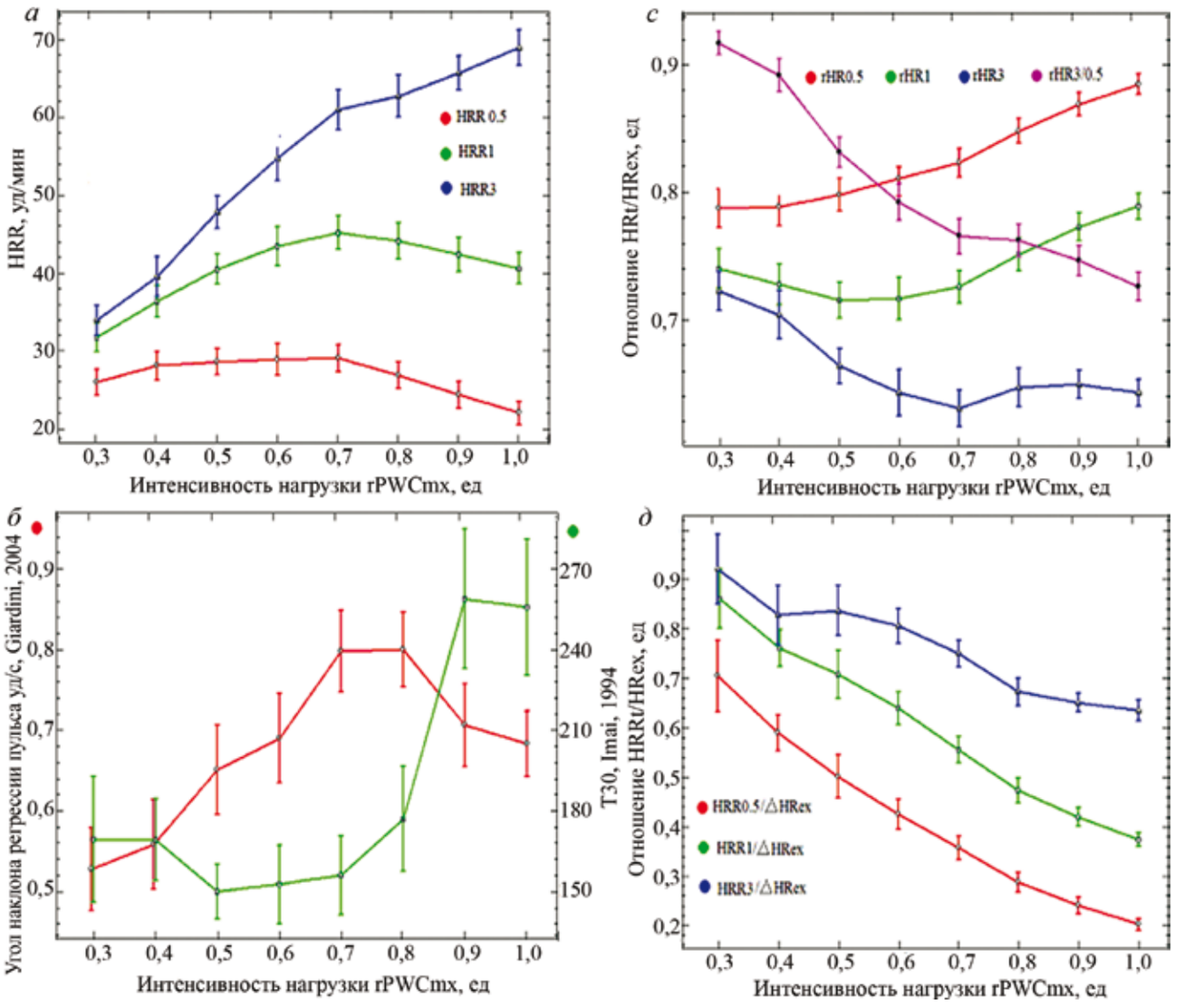


Рис. 1. Показатели восстановления частоты пульса юных спортсменов в зависимости от интенсивности нагрузки. *а* Абсолютное снижение частоты пульса уд/мин через 0,5; 1,0 и 3,0 мин. *б* Показатели, определяемые по углу наклона регрессии частоты пульса ко времени восстановления. *с* Отношение частоты пульса, зарегистрированного через 0,5; 1,0 и 3,0 мин к частоте пульса окончания нагрузки. *д* Отношение абсолютного снижения частоты пульса за 0,5; 1,0 и 3,0 мин к разнице пульса нагрузки и покоя.

Pic. 1. Indexes of heart rate recovery of young athletes depending on the intensity of the load. *a* Absolute heart rate beats/min after 0.5, 1.0 and 3.0 min. *b* parameters, determined by the slope of the regression line of pulse rate to recovery time. *c* the ratio between heart rate registered via 0.5, 1.0, and 3.0 min. and heart rate at the end of load. *d* the ratio between absolute decrease in heart rate for the 0.5, 1.0 and 3.0 min and the difference of the pulse load and rest.

Таблица 2

Математические модели прогнозирования интенсивности нагрузки

Table 2

Mathematical models for predicting the intensity of the load

Прогнозируемые показатели	Коэффиц. множ. корреляции	Математические модели прогнозирования
rPWCmx, ед.	0,92	-2,1+0,95*rHR3/0,5 - 0,104*ΔHRR1/ΔHRex + 0,052*t50% HRR + 0,013*HRR3 + 1,54* rHR0,5
rPOpek, ед.	0,89	1,67 – 1,15*HR3/0,5 - 0,19* ΔHRR1/ΔHRex + 0,08*t50% HRR

нагрузки и потребление O_2 при прогнозировании относительных показателей интенсивности нагрузки.

Заключение

Таким образом, у юных спортсменов проанализирован большой комплекс показателей, основанных на разных принципах оценки восстановления частоты пульса после нагрузки: с учетом абсолютного снижения HR, с учетом угла наклона линии регрессии HR ко времени восстановления, с учетом оценки в относительных величинах HRR. Установлен характер зависимости показателей HRR от интенсивности нагрузки и времени их регистрации. Некоторые результаты анализа – увеличение показателя HRR3 и снижение rHR3 (улучшение HRR) при нарастании интенсивности нагрузки на первый взгляд выглядят парадоксально. Тем не менее, данный факт объясняется положительной корреляцией показателей HRRt и особенно HRR3 с потенциальной возможностью HRR, которая неуклонно увеличивается при нарастании интенсивности нагрузки (табл. 1). Это и послужило теоретическим основанием целесообразности выражения показателей восстановления пульса в относительных величинах HHRt/ΔHRex. Установлена значимость комплекса анализируемых показателей восстановления частоты пульса для определения уровня физического напряжения организма от максимального уровня и прогнозирования аэробных возможностей работоспособности у юных спортсменов. Для этих целей разработаны многопараметрические уравнения. В данном случае относительные показатели HRR оказались боле значимыми, чем абсолютные.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

Funding: the study had no sponsorship

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Список литературы/References

1. **Cole CR, Foody JM, Blackstone EH, Lauer MS.** Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascularly healthy cohort. Ann Intern Med. 2000;(4):552-555.

2. **Giardini A, Fenton M.** Impairment of heart rate recovery after peak exercise predicts poor outcome after pediatric heart transplantation. Circulation. 2013;128:199-204.

3. **Borresen J, Lambert MI.** Autonomic control of heart rate during and after exercise. Sports Med. 2008;38:633-646.

4. **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). С. 12-19. / Prusov PK. Parameters of exponential equation in estimation of recovery a pulse rate by young sportsmen after execution accelerated capacity, interupted veloergometer loading to overflowing. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2012;(1):12-19. (in Russian).

5. **Daanen HA1, Lamberts RP, Kallen VL, Jin A, Van Meeteren NL.** A systematic review on heart-rate recovery to monitor changes in training status in athletes. Int J Sports Physiol Perform. 2012;7(3):251-260.

6. **Прусов П.К. , Корниенко Т.Г., Ваваев А.В., Иусов И.Г., Андреев Р.С., Акимов Е.Б.** Динамика вариабельности сердечного ритма юных спортсменов в восстановительном периоде после разных лабораторных нагрузок до отказа // Материалы научно-практической конференции «Инновационные технологии в подготовке спортсменов». М., 2013. С. 70-72. / Prusov PK, Kornienko TG, Vavaev AV, Iusov IG, Andreev RS, Akimov EB. Dynamics of heart rate variability of young athletes during the recovery period after different laboratory loads to failure. (Materials of the scientific conference «Innovative technologies in athletes training»), Moscow, 2013. P. 70-72. (in Russian).

7. **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. J Am Coll Cardiol. 1994;24:1529-1535.

8. **Goldberger JJ, Le FK, Lahiri M, Kannankeril PJ, Ng J, Kadish HH.** Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. Am J Physiol. 2006; 290:2446-2452.

9. **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. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1989; 58(8):879-883.

Ответственный за переписку:

Прусов Петр Кириллович – профессор кафедры восстановительной медицины, лечебной физкультуры и спортивной медицины, курортологии и физиотерапии ФГБОУ ДПО Институт повышения квалификации ФМБА России, ведущий научный сотрудник ГАУЗ г. Москвы Московского научно-практического центра медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы, филиал № 11, д.м.н.

Адрес: 115551, Россия, г. Москва, ул. Домодедовская, д. 11, корп. 2
Тел. (раб): +7 (495) 343-15-93
Тел. (моб): +7 (915) 368-16-84
E-mail: peter.prusov@mail.ru

Responsible for correspondence:

Petr Prusov – M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Rehabilitation, Exercise Therapy and Sports Medicine, Balneology and Physiotherapy of the Institute of Advanced Training of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Leading Researcher of the Moscow Theoretical and Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine

Address: 2-11, Domodedovskaya St., Moscow, Russia
Phone: +7 (495) 343-15-93
Mobile: +7 (915) 368-16-84
E-mail: peter.prusov@mail.ru

Дата направления статьи в редакцию: 16.03.2017
Received: 16 March 2017

Статья принята к печати: 24.03.2017
Accepted: 24 March 2017