

# Скорость восстановления сердечного ритма после нагрузки при физической реабилитации кардиологических пациентов

Иванова О. А., Куклин С. Г.

Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России. Иркутск, Россия

В связи с высокой заболеваемостью и смертностью населения вследствие сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), реабилитация кардиологических пациентов остается актуальной проблемой. Ведущим компонентом кардиореабилитации считают регулярные физические нагрузки, польза от которых имеет широкую доказательную базу. В связи с этим значимым является вопрос об адекватности и эффективности тренирующих режимов. Использование показателя, отражающего скорость снижения частоты сердечных сокращений (ЧСС) в конце каждой минуты восстановительного периода после дозированной физической нагрузки, оказалось высокоинформативным. Установлена граница в отношении ЧСС, ниже которой увеличивается риск сердечно-сосудистых осложнений. Динамика этого показателя в ходе программ физической реабилитации может служить маркером эффективности проводимых мероприятий. В настоящее время существует дефицит информа-

ции в отношении нормативных параметров скорости восстановления ЧСС для пациентов с ССЗ. Возникает вопрос об унификации подходов в оценке восстановительного периода и накоплении массива данных по влиянию длительных физических тренировок на прогноз пациентов с ССЗ.

**Ключевые слова:** скорость восстановления, сердечный ритм, физическая реабилитация, ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертензия.

Кардиоваскулярная терапия и профилактика, 2018; 17(2): 95–100  
<http://dx.doi.org/10.15829/1728-8800-2018-2-95-100>

Поступила 26/12-2017

Принята к публикации 29/01-2018

## The rate of cardiac rhythm recovery post exertion in physical rehabilitation of cardiological patients

Ivanova O. A., Kuklin S. G.

Irkutskaya State Medical Academy of Postgraduate Education — branch of FSBEI CPE “Russian Medical Academy of Continuous Professional Development” of the Ministry of Health. Irkutsk, Russia

Taken the rising mortality and morbidity of the population due to cardiovascular diseases (CVD), rehabilitation of cardiovascular patients remains actual. Regular exercises are the leading components of cardiorehabilitation, that is evidently beneficial. Taken this, the question raises on the adequacy and efficacy of training regimens. Utilization of the parameter representing the velocity of heart rate decline by every minute of recovery phase after the exertion, is quite informative. The borderline set for heart rate, with increasing cardiovascular risk if below. Dynamics of such parameter during the programs of physical rehabilitation might be a marker of

the events efficacy. Recently, there is a deficiency of information on the normal parameters of heart rate recovery rate in CVD patients. Hence a question raises, on the unification of approaches in evaluation of recovery period and data collection on the influence of long term exercises on CVD prognosis.

**Key words:** recovery rate, cardiac rhythm, physical rehabilitation, coronary heart disease, arterial hypertension.

Cardiovascular Therapy and Prevention, 2018; 17(2): 95–100  
<http://dx.doi.org/10.15829/1728-8800-2018-2-95-100>

АГ — артериальная гипертензия, АД — артериальное давление, ВНС — вегетативная нервная система, ДФН — дозированная физическая нагрузка, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ИМ — инфаркт миокарда, МЕ — метаболические единицы, МПК — максимальное потребление кислорода, СВSR — скорость восстановления сердечного ритма, ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания, ТФН — толерантность к физической нагрузке, ФН — физическая нагрузка, ФР — физическая работоспособность, ФТ — физические тренировки, ЧСС — частота сердечных сокращений, β-АБ — β-адреноблокаторы.

В настоящее время заболеваемость и смертность от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) продолжают занимать лидирующие позиции не только в России, но и во всем мире. Поэтому реабилитация кардиологических пациентов в рамках вто-

ричной профилактики сохраняет высокую актуальность. На современном этапе в системе мер по кардиореабилитации предлагается комплексный, мультидисциплинарный подход: восстановление физической работоспособности (ФР), психологиче-

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

Тел.: +7 (3952) 63-85-29, +7 (914) 946-82-64

e-mail: olsimiyur@mail.ru, sergeik61@yandex.ru

[Иванова О. А.\* — ассистент кафедры терапии, Куклин С. Г. — д. м. н., профессор, зав. кафедрой терапии].

ского и социального статуса. Физические тренировки (ФТ) продолжают оставаться одним из ключевых элементов комплексной кардиореабилитации. Польза от регулярного выполнения физических упражнений доказана в крупных рандомизированных исследованиях, что выражается в снижении общей смертности и смертности от ССЗ [1-4]. И наоборот, существует прямая зависимость между степенью гиподинамии и сердечно-сосудистой смертностью [5]. Программы физической реабилитации оказались одинаково полезны как для мужчин, так и для женщин [2, 6, 7]. Основной целью такого направления является снижение смертности, возможных сердечно-сосудистых осложнений, уменьшение числа госпитализаций, а также коррекция известных модифицируемых факторов риска прогрессирования ССЗ. В рекомендациях и руководствах по реабилитации и вторичной профилактике больных ССЗ большое внимание уделяется осуществлению профилактических мероприятий на любом сроке заболевания при стабильном клиническом состоянии больного, отсутствии противопоказаний и наличии реабилитационного потенциала [8-11].

В настоящее время в литературе обсуждается ряд механизмов, определяющих позитивное воздействие регулярных физических нагрузок (ФН) у кардиологических пациентов: снижение потребления миокардом кислорода, что сопровождается увеличением толерантности к физической нагрузке (ТФН); благоприятное воздействие на эндотелиальную функцию коронарных артерий и улучшение их эластических свойств; показано увеличение плотности капиллярного русла за счет ангиогенеза при регулярных тренировках, а также снижение уровней маркеров воспаления (С-реактивный белок, интерлекин-6,8) [11-14]. Обсуждаются антитромботические эффекты тренирующих режимов, которые включают увеличение объема плазмы, снижение вязкости крови, уменьшение агрегации тромбоцитов, увеличение тромболитического потенциала крови и снижение уровня фибриногена [15]. Важным считают улучшение профиля сердечно-сосудистых факторов риска: снижение веса, уменьшение абдоминального ожирения, висцерального жира, резистентности к инсулину, увеличение липопротеидов высокой плотности, снижение уровня триглицеридов, а также снижение риска внезапной сердечной смерти, в т.ч. риска фатальных аритмий, за счет уменьшения симпатической и повышения парасимпатической активности вегетативной нервной системы (ВНС) [16, 17]. Учитывая широкий спектр благоприятного воздействия регулярных ФТ, актуальным остается вопрос о поиске маркеров, отражающих их эффективность у больных ССЗ.

Ведущий эффект аэробных ФТ — это увеличение максимальной ФР или максимального потре-

бления кислорода (МПК), величина которых напрямую зависит от возраста, тяжести основного заболевания, исходных параметров ФР, тренирующих режимов и генетических факторов [4]. Увеличение ТФН сопровождается увеличением сердечного выброса, ударного объема, приростом МПК, снижением системного сосудистого сопротивления, также пороговых значений частоты сердечных сокращений (ЧСС) и систолического артериального давления (АД), меньшим приростом этих показателей относительно исходных значений, что отражает экономизацию функций сердечно-сосудистой системы [10, 18]. В крупном рандомизированном исследовании [19] (6213 мужчин) было продемонстрировано, что самым сильным предиктором сердечно-сосудистой смертности среди пациентов с кардиальной патологией и среди здоровых субъектов был уровень ТФН, измеренный в метаболических единицах (МЕ). У мужчин с более низкими значениями ФР на максимуме нагрузки регистрировались сравнительно низкие значения пороговой ЧСС, систолического и диастолического АД, среди них выше была частота летальных исходов [19]. В этой работе низкая ТФН рассматривается как неблагоприятный прогностический признак. Аналогичные данные были получены в исследовании [20] (2003г) у 2380 женщин, с ишемической болезнью сердца (ИБС). Было показано увеличение как общей, так и сердечно-сосудистой смертности в группе с меньшими значениями МПК в ходе выполнения нагрузочной пробы, а также установлена величина МПК ( $\geq 13$  мл/кг/мин), выше которой появляется заметное улучшение прогноза, — снижение летальных исходов в среднем на 50%. В другом исследовании того же автора с вовлечением 12169 мужчин обнаружили подобные закономерности с более высокой величиной пороговых значений МПК, которая составила  $>15$  мл/кг/мин [21]. В проспективном рандомизированном исследовании [22] (2009г) у 2303 пациентов среднего возраста с высоким нормальным уровнем АД была доказана меньшая скорость прогрессирования до уровня стойкой артериальной гипертензии (АГ) под воздействием регулярных ФН. В этой работе была обнаружена корреляция между интенсивностью ФН и риском развития АГ у лиц с высоким нормальным уровнем АД: чем выше была ФР ( $>10$  МЕ), тем ниже уровни АД. Таким образом, выводы крупных, хорошо организованных исследований, свидетельствуют: высокая ТФН ассоциирована со сниженным риском сердечно-сосудистой смертности и внезапной сердечной смерти у пациентов с АГ. Даже для лиц с избыточной массой тела и наличием большего количества сердечно-сосудистых факторов риска и имеющих высокий уровень физической активности, риск внезапной сердечной смерти был

ниже, чем у лиц с нормальной массой тела, но низкой ФР.

Перед включением кардиологических пациентов в программу ФТ необходимым условием является проведение нагрузочного тестирования (велозергметрия, тредмил-тест), чтобы определить исходные параметры ФР, а также пороговые значения ЧСС и АД [8, 9]. После окончания курса тренировок необходим контроль этих параметров с целью оценки эффективности проводимых мероприятий и коррекции тренировочных режимов [10].

ЧСС — один из высокоинформативных индикаторов функционального состояния сердечно-сосудистой системы, для определения которого не требуется применения дорогостоящей аппаратуры. В масштабных исследованиях обнаружено, что чем выше ЧСС покоя, тем выше риск общей смертности, внезапной сердечной смерти и смерти от ССЗ [23, 24]. Вышеуказанная особенность прослеживается у различных категорий больных — в старших возрастных группах, у пациентов с АГ, сахарным диабетом, установленной ИБС, перенесших инфаркт миокарда (ИМ). Для оценки функционального статуса пациента в работах ряда авторов было предложено использовать динамику ЧСС в ответ на различные функциональные пробы: активную и пассивную ортопробу, чувствительность спонтанного артериального барорефлекса, пробу с дозированной физической нагрузкой (ДФН). В настоящее время активно обсуждается показатель HRR (**H**eat **R**ate **R**ecovery), который можно перевести как восстановление сердечного ритма. Этот параметр рассматривается как разность между максимальной ЧСС, полученной в ходе порогового теста с ДФН (велозергметрия, тредмил) и ЧСС в конце каждой из 5 мин восстановительного периода, определяемой для каждой минуты в отдельности [25]. В отечественной литературе не найдено аналогов этому термину, и предложено в качестве эквивалента использовать термин скорость восстановления сердечного ритма (СВСР) после ДФН.

Использование этого параметра вошло в клиническую практику из спортивной медицины. Одним из критериев оптимальной физической формы у спортсменов является скорость восстановления ЧСС после интенсивных ФН. На пике спортивной формы эта скорость максимальна. Поэтому чем выше тренированность, тем выше скорость восстановительных процессов и тем быстрее величина ЧСС возвращается к исходному уровню после возмущающего воздействия [26]. СВСР сразу после ФН тесно связана с тонусом парасимпатического отдела ВНС. Это было продемонстрировано в работах, в которых показано, что использование атропина приводило к более высоким значениям ЧСС как в первые 30 сек, так и в конце 2-й мин периода восстановления нагрузочной пробы, а введение

β-адреноблокатора (β-АБ) повлияло на скорость снижения ЧСС только в конце 2-й мин [27].

В проспективных исследованиях показано, что индикаторы высокой активности парасимпатического отдела ВНС сопряжены со снижением смертности от аритмических событий [28, 29]. В связи с этим было выдвинуто предположение, что скорость, с которой ЧСС возвращается к исходным параметрам, может оказаться значимым прогностическим фактором у пациентов с ССЗ. Исследования [30, 31] продемонстрировали связь низкой СВСР (<12 уд. за первую мин) со смертью от всех причин. В подтверждение этих исследований проведено 7-летнее наблюдение за 12866 мужчинами без клинических проявлений ИБС, которые имели средний и высокий риск по Фремингемской шкале (10-15%). При анализе СВСР в течение 3 мин после ДФН оказалось, что низкая СВСР была сильным предиктором внезапной смерти, ИМ и смерти от всех причин. У пациентов с показателем СВСР >65 уд. в конце 3 мин отдыха риск всех случаев смерти был на 10% ниже, чем у лиц со СВСР <50 уд. за первые 3 мин, вне зависимости от возраста [32]. Представленное исследование интересно тем, что все обследуемые не использовали медикаментозную терапию. В проспективном исследовании [33] (2006г) с участием 30 тыс. пациентов, у больных с низким социально-экономическим статусом наблюдались более низкие значения СВСР после тредмил-теста и низкая ТФН, а также обнаружены высокие корреляционные связи с инсулинорезистентностью, нарушенной толерантностью к углеводам и курением, что сопровождалось увеличением случаев смерти от всех причин. В работе [34] (2013г) с включением 830 обследуемых без ИБС, треть из которых были лица с нормальным АД, было показано, что у тех, кто имел величину СВСР >23 уд. за первую мин и нормальные параметры АД после ДФН риск заболеваемости ИБС был в 3,3 раза меньше, а низкие значения СВСР были прогностически неблагоприятны. В проспективном исследовании [35] (2011г), в котором велось наблюдение в течение 18 лет за 1102 мужчинами среднего возраста без ИБС, снижение СВСР <40 уд. в конце 2 мин после максимального стресс-теста оказалось сильным и независимым фактором риска всех случаев смерти.

При анализе литературных источников обращает на себя внимание использование различных подходов при определении СВСР. Например, часть исследователей выполняли нагрузочный тест с использованием велозергометра, другие — тредмил. Некоторые проводили пробу с периодом “охлаждения” после ДФН в виде минимальной скорости педалирования или ходьбы по дорожке, а другие регистрировали СВСР сразу после нагрузки в горизонтальном положении. В большинстве работ

учитывалось разное время регистрации этого показателя, оценивали интервалы в конце 1, 2, 3-й или 5 мин периода восстановления, а также остаются вопросы к методическим подходам при регистрации средних значений ЧСС — какие временные интервалы считать окончанием минуты? Еще одним фактором, который также может оказать существенное влияние на СВСР, — это прием пациентами пульсурежающих препаратов. Таким образом, множество факторов может повлиять на результаты исследований, что требует их корректной интерпретации.

По данным [30] (2000г) критически низкими значениями СВСР за первую минуту восстановительного периода считается величина  $<12$  уд. за первую мин с так называемым периодом “охлаждения” — регистрация ЧСС после ДФН на фоне продолжающейся минимальной нагрузки в виде педалирования на велоэргометре или ходьбы по тредмилу, и  $<18$  уд. за первую мин без периода “охлаждения” — регистрация СР сразу после ДФН в горизонтальном положении. В масштабном многоцентровом исследовании [32] (2003г) был определен нижний квартиль для показателя СВСР, величина которого составила 23 уд. за первую мин без периода “охлаждения”. Далее в исследованиях [34, 36] (830 пациентов и 2193 пациентов, соответственно) была использована аналогичная методика, где пороговым значением СВСР являлась величина  $<23$  уд. (в первом случае) и  $<22$  уд. (во втором случае) за первую мин восстановительного периода. В работе [35] (2011г) границей значений СВСР была величина  $<40$  уд./мин, но на 2 мин периода восстановления. Имеются данные с оценкой СВСР в конце 3-й минуты восстановительного периода в работе [32] (2003г) сообщается о благоприятном сердечно-сосудистом прогнозе у обследуемых со значением СВСР  $>65$  уд. за первые 3 минуты отдыха, а при величине  $<50$  уд. риск неблагоприятных исходов был выше.

В отношении влияния пульсурежающих препаратов, в частности  $\beta$ -АБ, на прогностические свойства СВСР в литературе существуют разночтения. В исследовании [36] (2001) не обнаружили достоверной разницы в выживаемости пациентов с низкими значениями СВСР ( $<22$  уд. за первую мин) как на фоне использования  $\beta$ -АБ, так и без них, вне зависимости от того, была ли достигнута расчетная субмаксимальная ЧСС по возрасту. В работе [30] (2000) низкая СВСР ( $<12$  уд. за первую мин) не коррелировала с частотой использования  $\beta$ -АБ и была сильным предиктором смертности от всех причин, как и у других пациентов. В исследовании [31] (2000) у 9454 пациентов были получены результаты, свидетельствующие об отсутствии предсказательной ценности низкой СВСР ( $<12$  уд. за первую мин) после тредмил-теста на фоне приема  $\beta$ -АБ. В 2017г опу-

бликован мета-анализ [37] 14 проспективных когортных исследований, в котором анализируется прогностическая ценность показателя HRR, сформулированная следующим образом: сниженная СВСР тесно ассоциирована с повышенным риском сердечно-сосудистых событий и всех случаев смерти среди всех обследуемых, что делает возможным использование этого параметра в рутинной клинической практике с целью осуществления своевременных профилактических мероприятий. В качестве практических выводов обозначены следующие положения:

- “чем выше СВСР, тем лучше”;
- наиболее информативной является оценка СВСР как в конце первой, так и в конце второй мин восстановительного периода после ДФН;
- варианты нормативных значений СВСР для отдельных групп пациентов пока не разработаны [37].

Использование показателя СВСР после ФН в клинической практике можно рассматривать в качестве доступного, простого и неинвазивного индикатора риска неблагоприятных сердечно-сосудистых событий у пациентов с ИБС и без нее. Многими исследователями высказывалось предположение, что регулярные ФТ будут способствовать улучшению этого показателя, а значит и улучшению прогноза кардиологических пациентов. В большом количестве работ продемонстрировано увеличение СВСР после курса физических реабилитационных программ. В исследовании [38] у пожилых пациентов с перенесенным ИМ после 3 мес. ФТ, наряду с увеличением МПК, обнаружили увеличение СВСР с 13 до 18 уд./мин за первую мин восстановления. В работе [39] после 3-недельного курса аэробных велотренировок у больных ИБС обнаружено достоверное увеличение СВСР, которое коррелировало с улучшением барорефлекторной чувствительности. В исследовании [40] оказалось, что мужчины и женщины с одинаковой скоростью улучшают этот показатель в ходе курса реабилитации, а также не были обнаружены различия в степени его изменений у пациентов разных возрастных групп. Целью еще одного проспективного рандомизированного исследования [41] стала оценка клинических исходов и значимости СВСР у пациентов, перенесших острый ИМ, которые прошли курс регулярных ФТ. Обнаружен достоверный прирост СВСР через 8 нед. кардиореабилитации. При дальнейшем многолетнем наблюдении, которое в среднем составило  $\sim 7$  лет, оказалось, что диабет, низкая СВСР ( $<12$  уд./мин), низкая фракция выброса левого желудочка ( $<30\%$ ) и ТФН  $<4$  МЕ, были независимыми предикторами смерти от ССЗ. Пациенты, которым не удалось после курса регулярных занятий улучшить СВСР, имели значительно более высокую смертность, а в группе с улучшением данного показателя выживаемость



достоверно возросла [41]. Исследовательская работа [42] поставила целью проанализировать изменения автономной регуляции СР после второй фазы реабилитации пациентов с острым коронарным синдромом с использованием парных велоэргометрий до и после курса ФТ на фоне атропина и без него, а также с исследованием уровня катехоламинов на разных этапах стресс-теста. Оказалось, что после курса физической реабилитации достоверно возросла СВСР в конце 5 мин восстановительного периода, что сопровождалось меньшим приростом ЧСС в ответ на введение атропина, а также тенденцией к более низким значениям уровней адреналина и норадреналина на максимуме ФН и в периоде восстановления. В работе [43] также продемонстрирован достоверный прирост СВСР с 11 до 16 уд. за первую мин после 3 мес. велотренировок. В противовес обсуждаемым работам, в исследованиях [44, 45] не было получено достоверного прироста СВСР после 12-недельного цикла как высокоинтенсивных, так и умеренных аэробных тренировок у больных ИБС, что сами авторы объяснили оптимальным медикаментозным сопровождением и исходно оптимальным физическим статусом пациентов, включенных в исследование. В исследовании [46] наблюдали за 1070 пациентами после стентирования коронарных артерий или аортокоронарного шунтирования, которые были включены во 2 фазу кардиореабилитации с регулярными тренировками аэробной направленности и умеренной интенсивности с помощью велотренажера, беговой дорожки, эллипсоида. В ходе 8-летних наблюдений оказалось, что те пациенты, которые исходно имели низкие значения СВСР, но улучшили свой резуль-

тат, сравнивались по риску смертельных исходов от всех причин с теми, у кого СВСР исходно была высокой. Таким образом, это исследование продемонстрировало, что прирост СВСР после регулярных ФТ тесно ассоциирован с позитивными клиническими результатами [46]. В рандомизированном исследовании [47] показаны преимущества высокоинтенсивных интервальных велотренировок перед нагрузками умеренной интенсивности у пациентов в период реабилитации после острого коронарного синдрома. СВСР достоверно увеличилась на определенных временных отрезках 5-минутного восстановительного периода только в группе интенсивных ФТ, что не сопровождалось увеличением количества желудочковых аритмий [47].

Таким образом, СВСР в первые минуты после ДФН является простым, информативным, неинвазивным методом оценки функционального состояния в динамике. Этот показатель, наряду с общепринятыми параметрами — ТФН и “двойное произведение”, можно рекомендовать для оценки эффективности регулярных ФТ у пациентов с ССЗ. Следует стремиться к выработке единых стандартизированных подходов в определении данного показателя, чтобы иметь возможность сравнительной оценки результатов исследований. Из анализа существующей литературы следует, что данный показатель изучался преимущественно у пациентов в рамках 3-6-месячного амбулаторно-поликлинического этапа реабилитации после ИМ и процедур хирургической реваскуляризации. Недостаточно изученной остается наиболее многочисленная категория пациентов со стабильной ИБС и АГ, у которых используются ФТ продолжительностью  $\geq 1$  года.

## Литература

1. Alves AJ, Viana JL, Cavalcante SL, et al. Physical activity in primary and secondary prevention of cardiovascular disease: Overview updated. *World J Cardiol* 2016; 8 (10): 575-83. DOI: 10.4330/wjv.v8.i10.575.
2. Kokkinos PF. Cardiorespiratory fitness, exercise, and blood pressure. *Hypertension* 2014; 64: 1160-4. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.114.03616.
3. National Institute for Health and Clinical Excellence. NICE CG127. Hypertension: The clinical management of primary hypertension in adults. London: NICE 2011. DOI: 10.3399/bjgp.12X630232.
4. Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, et al. Physical Activity and Public Health in Older Adults: Recommendations from the ACSM and the AHA. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39 (8): 1435-45. DOI: 10.1249/mss.0b013e3180616aa2.
5. Mezzani A, Hamm LF, Jones A, et al. Aerobic Exercise Intensity Assessment and Prescription in Cardiac Rehabilitation: a joint position statement of the European association for cardiovascular prevention and rehabilitation, the American association of cardiovascular and pulmonary rehabilitation, and the Canadian association of cardiac rehabilitation. *JCRP* 2012; 32 (6): 327-50. DOI: 10.1177/2047487312460484.
6. Nocon M, Hiemann T, Müller-Riemenschneider F, et al. Association of physical activity with all-cause and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2008; 15: 239-46. DOI: 10.1097/HJR.
7. Marchionini N, Fattiolli F, Fumagalli S, et al. Improved exercise tolerance and quality of life with cardiac rehabilitation of older patients after myocardial infarction: results of a randomized, control trial. *Circulation* 2003; 107 (17): 2201-6. DOI: 10.1161/01.CIR.0000066322.21016.4A.
8. Aronov DM, Bubnova MG, Barbarash OL, et al. Acute ST elevation myocardial infarction: aftercare and secondary prevention. National Russian guidelines. *Russian Journal of Cardiology* 2015; 1: 6-52. (In Russ.) Аронов Д.М., Бубнова М.Г., Барбараш О.Л. и др. Российские клинические рекомендации. Острый инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST электрокардиограммы: реабилитация и вторичная профилактика. Российский кардиологический журнал 2015; 1: 6-52. DOI: 10.15829/1560-4071-2015-1-6-52.
9. Bokeriya LA, Aronov DM. Russian clinical guidelines. Coronary artery bypass grafting in patients with ischemic heart disease: rehabilitation and secondary prevention. *Cardiosomatics* 2016; 7 (3-4): 5-71. (In Russ.) Бокерия Л.А., Аронов Д.М. Российские клинические рекомендации. Коронарное шунтирование больных ишемической болезнью сердца: реабилитация и вторичная профилактика. *КардиоСоматика* 2016; 7 (3-4): 5-71.
10. Arutynov GP, Rylova AK, Kolesnikova EA, et al. Physical rehabilitation. In: *Cardio rehabilitation*. 2nd ed. M.: Medpress-inform, 2014: 14-46. (In Russ.) Физическая реабилитация. В кн: Арутюнов Г.П., Рылова А.К., Колесникова Е.А. и др. Кардиореабилитация. Под ред. Г.П. Арутюнова. 2-е изд. М.: МЕДпресс-информ 2014; 14-46. ISBN 978-5-00030-049-7.
11. Piepoli MF, Corra U, Benzer W, et al. Secondary prevention through cardiac rehabilitation: from knowledge to implementation. A position paper from the cardiac rehabilitation section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2010; 17: 1-17. DOI: 10.1097/HJR.0b013e3283313592.
12. Duncker DG, Bache RG. Regulation of Coronary Blood Flow During Exercise. *Physiol Rev* 2008; 88 (3): 1009-86. DOI: 10.1152/physrev.00045.2006.
13. Manolis AJ, Pittaras A, Tsioufis C, et al. Exercise and hypertension. *European Society of Hypertension. Clinical Practice Newsletters*. Update 2011; 45-7. ISBN 978-83-7599-301-1.

14. Cornelissen VA, Fagard RH. Effects of endurance training on blood pressure, blood pressure-regulating mechanisms, and cardiovascular risk factors. *Hypertension* 2005; 46: 667-75. DOI: 10.1161/01.HYP.0000184225.05629.51.
15. Church TS, Lavie CJ, Milani RV, et al. Improvements in blood rheology after cardiac rehabilitation and exercise training in patients with coronary heart disease. *Am Heart J* 2002; 143: 349-55. DOI: 10.1067/mhj.2002.119758.
16. Fernandes T, Hashimoto NY, Magalhaes FC, et al. Aerobic exercise training-induced left ventricular hypertrophy involves regulatory MicroRNAs, decreased angiotensin-converting enzyme-angiotensin II, and synergistic regulation of angiotensin-converting enzyme 2-angiotensin(1-7). *Hypertension* 2011; 58: 182-9. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.110.168252.
17. Tsai M-W, Chie W-C, Kuo TB, et al. Effects of exercise training on heart rate variability after coronary angioplasty. *Phys Ther* 2006; 86: 626-35. [PubMed] PMID: 16649887.
18. Thompson PD. Exercise prescription and proscripton for patients with coronary artery disease. *Circulation* 2005; 112: 2354. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.104.502591.
19. Myers J, Prakash M, Froelicher V. Exercise capacity and mortality of men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 2002; 346: 793-801. DOI: 10.1056/NEJMoa011858.
20. Kavanagh T, Mertens DJ, Hamm LF. Peak oxygen intake and cardiac mortality in women referred for cardiac rehabilitation. *JACC* 2003; 42: 2139-43. DOI: 10.1016/j.jacc.2003.07.028.
21. Kavanagh T, Mertens DJ, Hamm LF, et al. Prediction of long-term prognosis in 12 169 men referred for cardiac rehabilitation. *Circulation* 2002; 106: 666-71. DOI: 10.1161/01.CIR.0000024413.15949.ED.
22. Marco MD, deSimone G, Roman MJ, et al. Cardiovascular and metabolic predictors of progression of prehypertension into hypertension; The Strong Heart Study. *Hypertension* 2009; 54: 974-80. DOI: 10.1161/2FHYPERTENSIONAHA.109.129031.
23. Framingham Heart Study. Heart rate recovery after treadmill exercise testing and risk of cardiovascular disease events. *Amer J of Cardiol* 2002; 90 (8): 848-52. DOI: 10.1016/S0002-9149(02)02706-6.
24. Adabag AS, Gandits GA, Prineas RJ, et al. MRFIT Research Group. Relation of heart rate parameters during exercise test to sudden death and all-cause mortality in asymptomatic men. *JACC* 2003; 42: 831-8. DOI: 10.1016%2Fj.amjcard.2008.01.021.
25. Ivanova OA, Kuklin SG. Long-term physical training in hypertensive patients: prediction of efficacy. *Arterial Hypertension* 2017; 23 (4): 346-52. (In Russ.) Иванова О.А., Куклин С.Г. Прогнозирование эффективности длительных физических тренировок у больных гипертонической болезнью. *Артериальная гипертензия* 2017, 23 (4): 346-52. DOI: 10.18705/1607-419X-2017-23-4-346-352.
26. Bellenger CR, Fuller JT, Thomson RL, et al. Monitoring athletic training status through autonomic heart rate regulation: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 2016; 46: 1461-86. DOI: 10.1007/s40279-016-0484-2.
27. Imai K, Sato H, Hori M. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *JAAC* 1994; 1529-35. DOI: 10.1016/0735-1097(94)90150-3.
28. Lauer MS. Autonomic function and prognosis. *Cleve Clin J Med* 2009; 76 (2): 18-22. DOI: 10.3949/ccjm.76.s2.04.
29. Buccelletti E, Gilardi E, Scaini E, et al. Heart rate variability and myocardial infarction: systematic literature review and metanalysis. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2009; 13: 299-307. <http://www.europeanreview.org/article/650> или [PubMed] PMID: 19694345.
30. Cole CR, Foody JM, Blackstone EH, et al. Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascular healthy cohort. *Ann Intern Med* 2000; 132: 552-5. [PubMed] PMID: 10744592.
31. Nishime EO, Cole CR, Blackstone EH, et al. Heart rate recovery and treadmill exercise score as predictors of mortality in patients referred for exercise ECG. *JAMA* 2000; 284: 1392-8. DOI: 10.1001/jama.284.11.1392.
32. Adabag AS, Gandits GA, Prineas RJ, et al. MRFIT Research Group. Relation of heart rate parameters during exercise test to sudden death and all-cause mortality in asymptomatic men. *JACC* 2003; 42: 831-8. DOI: 10.1016%2Fj.amjcard.2008.01.021.
33. Shishehbor MH, Litaker D, Pothier CE, et al. Association of socioeconomic status with functional capacity, heart rate recovery, and all-cause mortality. *JAMA* 2006; 295:784-92. DOI: 10.1001/jama.295.7.784.
34. Michaelides AP, Liakos CI, Vysoulis GP, et al. The Interplay of Exercise Heart Rate and Blood Pressure as a Predictor of Coronary Artery Disease and Arterial Hypertension. *The J Clinical Hypertension* 2013; 15: 162-70. DOI: 10.1111/jch.12035.
35. Savonen KP, Kiviniemi V, Laaksonen DE, et al. Two-minute heart rate recovery after cycle ergometer exercise and all-cause mortality in middle-aged men. *J Intern Med* 2011; 270: 589-96. DOI: 10.1111/j.1365-2796.2011.02434.x.
36. Shetler K, Marcus R, Froelicher VF et al. Heart rate recovery: validation and methodologic issues. *JACC* 2001; 38: 1980-7. DOI: 10.1016/S0735-1097(01)01652-7.
37. Qiu S, Cai X, Sun Z, et al. Heart Rate Recovery and Risk of Cardiovascular Events and All-Cause Mortality: A Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *J Am Heart Assoc* 2017. DOI: 10.1161/JAHA.117.005505.
38. Legramante F, Lucci R, Pietrosante M, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation improves heart rate recovery in elderly patients after acute myocardial infarction. *Journals of Gerontology. Series A (Biological Sciences and Medical Sciences)* 2006; 61: 713-7. DOI: 10.1093/gerona/61.7.713.
39. Giallauria F, Iellamo F, Massaro M, et al. Effects of residential exercise training on heart rate recovery in coronary artery patients. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007; 292: 510-15. DOI: 10.1152/ajpheart.00748.2006
40. MacMillan JS. Exercise and hart rate recovery. *Heart lung* 2006; 35 (6): 383-90. DOI: 10.1016/j.hrtlung.2006.07.003.
41. Hai JJ, Siu CW, Ho HH. Relationship between changes in heart rate recovery after cardiac rehabilitation on cardiovascular mortality in patients with myocardial infarction. *Heart Rhythm* 2010; 7 (7): 929-36. DOI: 10.1016/j.hrthm.2010.03.023.
42. Laing ST, Gluckman TJ, Weinberg KM, et al. Autonomic effects of exercise-based cardiac rehabilitation. *J. Cardiopulm Rehabil Prev* 2011; 31 (2): 87-91. DOI: 10.1097/HCR.0b013e3181f1fda0.
43. Tsai SW, Lin YW, Wu SK. The effect of cardiac rehabilitation on recovery of heart rate over one minute after exercise in patients with coronary artery bypass graft surgery. *Clin Rehabil* 2005; 19 (8): 843-9. DOI: 10.1191/0269215505cr915oa.
44. Moholdt T, Aamot IL, Granoien I, et al. Aerobic interval training increases peak oxygen uptake more than usual care exercise training in myocardial infarction patients: a randomized controlled study. *Clin Rehabil* 2012; 26 (1): 33-44. DOI: 10.1177/0269215511405229.
45. Currie KD, Rosen LM, Millar PJ. Heart rate recovery and heart rate variability are unchanged in patients with coronary artery disease following 12 weeks of high-intensity interval and moderate-intensity endurance exercise training. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 2013; 38 (6): 644-50. DOI: 10.1139/apnm-2012-0354.
46. Jolly MA, Brennan DM, Cho L. Impact of exercise on heart rate recovery. *Circulation* 2011; 124: 1520-6. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.005009.
47. Boidin M, Gayda M, Amoussou R, et al. Effect of high intensity interval training oh heart rate recovery, heart rate variability and arrhythmias in patients post-acute coronary syndrome. *Canad J Cardiol* 2015; 31: 208-9. DOI: 10.1016/j.cjca.2015.07.439.