



Степанец Е.А.¹ ✉, Крупенин В.П.², Елинский А.А.², Кобылко Л.А.³, Кривенчук Е.А.¹,
Пяточенко М.В.¹

¹ Гомельский областной кардиологический центр, Гомель, Беларусь

² УП «Кардиан», Минск, Беларусь

³ Гомельская университетская клиника – областной госпиталь инвалидов Великой Отечественной войны, Гомель, Беларусь

Индивидуализация медицинской реабилитации пациентов кардиологического профиля с использованием алгоритма «Анализ участка ХМ-ЭКГ»

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Степанец Е.А. – концепция и дизайн исследования, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация данных; Крупенин В.П. – редактирование; Елинский А.А. – редактирование; Кобылко Л.А. – обзор литературы; Кривенчук Е.А. – редактирование; Пяточенко М.В. – редактирование.

Подана: 12.05.2023

Принята: 05.06.2023

Контакты: e.a.stepanets@gmail.com

Резюме

Цель. Провести анализ параметров частоты сердечных сокращений (ЧСС) в период проведения физической тренировки (ФТ) по данным индивидуального подсчета (зафиксированные в индивидуальных картах физической реабилитации пациента) и при проведении холтеровского мониторирования электрокардиограммы (ХМ-ЭКГ).

Материалы и методы. В исследование было включено 30 пациентов: перенесшие инфаркт миокарда левого желудочка (ИМ ЛЖ) (на раннем и позднем этапах медицинской реабилитации) и без ИМ ЛЖ (после клапанной коррекции). Всем пациентам группы исследования было проведено ХМ-ЭКГ с использованием системы длительного мониторирования ЭКГ и артериального давления (АД) «Кардиан-СДМ» производства УП «Кардиан».

Результаты. У пациентов «слабой» реабилитационной группы наблюдается превышение ЧСС при проведении дозированной ходьбы (ДХ) по данным ХМ-ЭКГ, а также показателя максимальной ЧСС за сутки наблюдения. Пациенты вне проведения лечебной гимнастики (ЛГ) и ДХ превышают показатели субмаксимальной ЧСС. Достоверные различия наблюдаются в показателях ЧСС между самостоятельным подсчетом ЧСС и данными ХМ-ЭКГ в период проведения пациентами ДХ, $p=0,041$ ($\chi^2=0,265$). Различий в показателях ЧСС при проведении лечебной физкультуры (ЛФК) не наблюдалось, $p=0,286$ ($\chi^2=0,249$). У пациентов «сильной» группы средние значения ЧСС при ЛГ и ДХ не превышают субмаксимальную ЧСС. Так же, как и в «слабой» группе, наблюдается различие показателей ЧСС при измерении ХМ-ЭКГ и при самостоятельном подсчете, в период выполнения ДХ $p=0,005$ ($\chi^2=0,059$), при проведении ЛФК – $p=0,046$ ($\chi^2=0,392$). У пациентов группы исследования наибольший прирост ЧСС составил 25 ударов при проведении ДХ по данным ХМ-ЭКГ ($n=23$). При самостоятельном



измерении превышение ЧСС от исходной на 20 ударов наблюдалось у 6 пациентов (2 человека при ЛГ и 4 человека при ДХ).

Выводы. У пациентов «слабой» группы по данным анализа наблюдается превышение ЧСС при проведении ДХ по данным ХМ-ЭКГ и максимальной ЧСС за сутки наблюдения. Пациенты «слабой» группы вне проведения кардиологической реабилитации (КР) (ЛГ и ДХ) превышают допустимые показатели субмаксимальной ЧСС. Наблюдаются различия в показателях ЧСС между самостоятельным подсчетом ЧСС пациентом и при измерении по данным ХМ-ЭКГ: в период проведения пациентами «слабой» группы ДХ, $p=0,041$ ($\chi^2=0,265$), «сильной» группы как при ДХ ($p=0,005$ ($\chi^2=0,059$)), так и при ЛФК ($p=0,046$ ($\chi^2=0,392$)). Разработанный алгоритм «Анализ ХМ-ЭКГ», внедренный в систему суточного мониторингирования ЭКГ и АД «Кардиан-СДМ» производства УП «Кардиан» позволяет точно провести расчет изменения ЧСС у пациентов в период выполнения ЛГ и ДХ в рамках КР. Внедрение данного алгоритма в системах суточного мониторингирования ЭКГ и АД «Кардиан-СДМ» производства УП «Кардиан» позволяет индивидуализировать КР пациентов кардиологического профиля на всех ступенях двигательной активности, особенно для пациентов с противопоказаниями к проведению теста с физической нагрузкой (ФН) (пациентов «слабой» реабилитационной группы).

Ключевые слова: холтеровское мониторирование электрокардиограммы, кардиологическая реабилитация, инфаркт миокарда левого желудочка, «слабая» реабилитационная группа, частота сердечных сокращений

Stepanets E.¹ ✉, Krupenin V.², Elinsky A.², Kobylko L.³, Krivenchuk E.¹, Pyatochenko M.¹

¹ Gomel Regional Clinical Cardiologist Center, Gomel, Belarus

² UE "Cardian", Minsk, Belarus

³ Gomel University Clinic – Regional Hospital for the Disabled of the Great Patriotic War, Gomel, Belarus

Individualization of Medical Rehabilitation of Cardiac Patients Using "HM-ECG Site Analysis" Algorithm

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Stepanets E. – study concept and design, statistical data processing, data analysis and interpretation; Krupenin V. – editing; Elinsky A. – editing; Kobylko L. – literature review; Krivenchuk E. – editing; Pyatochenko M. – editing.

Submitted: 12.05.2023

Accepted: 05.06.2023

Contacts: e.a.stepanets@gmail.com

Abstract

Purpose. To analyze the heart rate parameters during physical therapy (PT) according to individual monitoring of the electrocardiogram (recorded in personal cards of patient's physical rehabilitation) and during Holter monitoring of the electrocardiogram (HM-ECG).

Materials and methods. The study included 30 patients: those who had LV MI (at early and late stages of medical rehabilitation) and without LV MI (after valvular correction). All patients of the study group underwent HM-ECG using "Cardian-SDM" long-term ECG and blood pressure monitoring system manufactured by UE "Cardian".

Results. Patients from the "weak" rehabilitation group demonstrated excessive heart rates (HR) during controlled walking (CW) according to HM-ECG, as well as the maximum heart rates during the 24-hour follow-up. Patients outside of physical therapy (PT) and controlled walking (CW) showed excessive submaximal heart rates. Significant differences were observed in HR values between self-reported HR and HM-ECG data in patients undergoing CW, $p=0.041$ ($\chi^2=0.265$). No differences were observed in HR values during physical therapy, $p=0.286$ ($\chi^2=0.249$). Patients from the "strong" group had mean HR values during PT and CW not exceeding submaximal HR. Similar to the "weak" group, there was a difference between HR values during HM-ECG measurement and self-calculation during CW, $p=0.005$ ($\chi^2=0.059$), and during PT, $p=0.046$ ($\chi^2=0.392$). Patients from the study group demonstrated the highest HR increase of 25 beats when performing CW according to the HM-ECG ($n=23$). Self-measured HR exceeded the baseline by 20 beats in 6 patients (in 2 patients during PT and 4 patients during CW).

Conclusions. Patients from the "weak" group demonstrated excessive HR during CW according to HC-ECG data and maximal HR during 24-hour follow-up. Patients from the "weak" group outside cardiac rehabilitation (CR) (PT and CW) had exceeded admissible submaximal HR values. Differences were observed in HR values between patient's self-reported HR and those measured by HM-ECG: in patients from the "weak" group undergoing CW, $p=0.041$ ($\chi^2=0.265$), and in those from the "strong" group both during CW ($p=0.005$ ($\chi^2=0.059$)) and PT ($p=0.046$ ($\chi^2=0.392$)). The elaborated algorithm "HM-ECG analysis" implemented in the system of daily ECG and blood pressure monitoring "Cardian-SDM" manufactured by UE "Cardian" allows performing precise calculations of HR changes in patients during PT and CW within the framework of CR. The implementation of this algorithm in "Cardian-SDM" systems of ECG and BP daily monitoring manufactured by UE "Cardian" allows individualizing CR for cardiological patients at all stages of motion activity, especially for patients with contraindications to physical load test (patients of the "weak" rehabilitation group).

Keywords: Holter electrocardiogram monitoring, cardiological rehabilitation, left ventricular myocardial infarction, "weak" rehabilitation group, heart rate

■ ВВЕДЕНИЕ

Кардиологическая реабилитация (КР) – это всеобъемлющие (комплексные) долгосрочные программы, включающие медицинскую оценку функционального состояния пациента, модификацию сердечно-сосудистых факторов риска, обучение и консультирование пациентов, перенесших инфаркт миокарда левого желудочка (ИМ ЛЖ) [1]. Эти программы предназначены для ограничения физиологических и психологических последствий заболеваний сердца, снижения риска внезапной смерти или повторного ИМ, контроля за симптомами болезни сердца, стабилизации и обратного развития атеросклеротического процесса. Для лиц, способных выполнять физическую нагрузку, тест с физической нагрузкой (ФН) – лучший способ оценить функциональные возможности сердца и косвенно оценить коронарное кровообращение [2, 3]. В то же время существует категория пациентов, у которых имеют место относительные или абсолютные противопоказания для проведения теста с ФН (к примеру, наличие аневризмы верхушки ЛЖ, желудочковых нарушений ритма



высоких градаций) – «слабая» реабилитационная группа. Данная категория пациентов с противопоказаниями к нагрузочному тестированию нуждается в индивидуальном подходе к КР, а также к созданию методов оценки переносимости и эффективности КР [4].

Важным показателем физиологической реакции на физические нагрузки КР является изменение частоты сердечных сокращений (ЧСС) и уровня артериального давления (АД). Согласно клиническим рекомендациям Российского кардиологического общества по реабилитации больных, перенесших острый инфаркт миокарда, при выполнении программы реабилитации прирост ЧСС при проведении КР не должен превышать 20 ударов от исходного показателя. Показатели ЧСС и АД измеряются до, во время и после КР, вносятся в индивидуальные карты физической реабилитации пациента и хранятся в истории болезни [5].

Физические тренировки (ФТ) проводятся методистами ЛФК в тесном сотрудничестве с лечащим врачом, который определяет принадлежность пациента к определенному функциональному классу тяжести течения заболевания, соответственно, назначает объем и интенсивность реабилитационных мероприятий. ФТ – занятия ЛФК в щадяще-тренирующем режиме продолжительностью до 20 мин., с максимальной ЧСС на высоте нагрузки до 110 в мин. Рекомендуется участие в специальных группах длительных физических тренировок по программе «слабой» группы ЛФК. Ходьба – в среднем темпе до 90 шагов в минуту без элементов ускорения; дистанция тренирующей ходьбы – 3 км в день за 3–6 приемов.

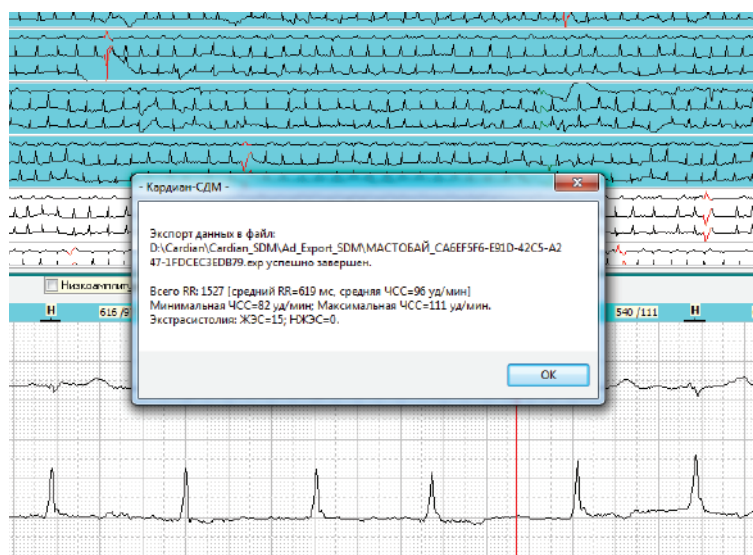
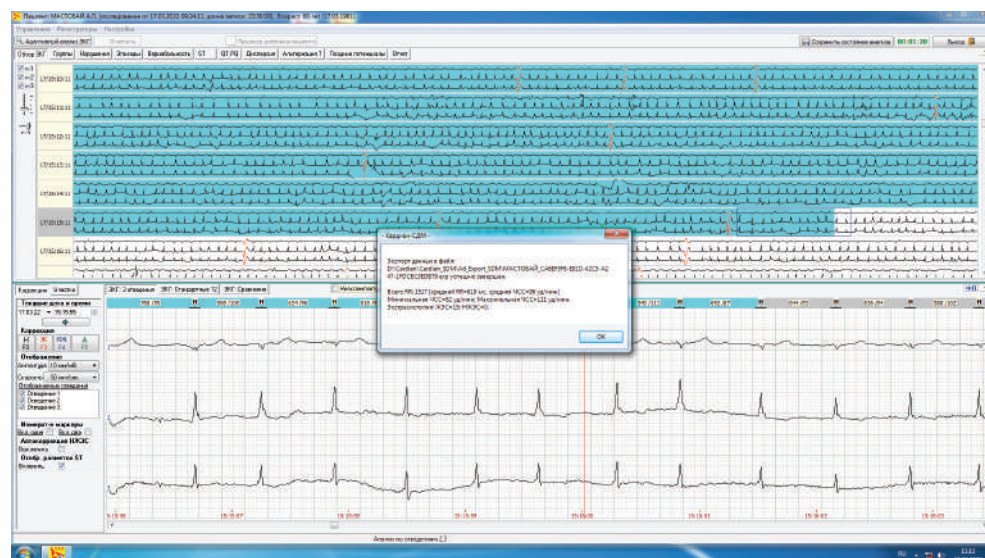
■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проанализировать параметры ЧСС в период проведения ФТ по данным индивидуального подсчета (зафиксированные в индивидуальных картах физической реабилитации пациента) и при проведении холтеровского мониторирования электрокардиограммы (ХМ-ЭКГ).

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Организовано проспективное одномоментное клиническое исследование пациентов, находившихся в отделении медицинской реабилитации кардиологического профиля учреждения «Гомельский областной клинический госпиталь ИОВ». В исследование было включено 30 пациентов: перенесшие ИМ ЛЖ (на раннем и позднем этапах медицинской реабилитации) и без ИМ ЛЖ (после клапанной коррекции). Средний возраст пациентов составил $57,97 \pm 8,8$ года, из них лица мужского пола составили 83,3% ($n=25$). 73,3% – лица трудоспособного возраста ($n=22$). Пациенты, перенесшие ИМ ЛЖ, составили 76,7%, без ИМ ЛЖ – 23,3% ($n=7$). Реваскуляризация была проведена 52,2% пациентов: стентирование – 39,1%, АКШ и МКШ – 13%.

При поступлении в отделение реабилитации пациентам определялась степень двигательной активности: на 4-ю степень двигательной активности поступили 36,7% ($n=11$), на 5-ю степень – 53,3% ($n=16$), на 6-ю степень – 10% ($n=3$). КР для пациентов на разных степенях двигательной активности отличается. В «слабую» группу были включены пациенты 4-й степени двигательной активности, это пациенты с ИМ ЛЖ в подостром периоде заболевания (на раннем этапе медицинской реабилитации). В «сильную» группу были включены пациенты 5-й и 6-й степени двигательной активности, пациенты с ИМ ЛЖ (стадия рубцевания, на позднем этапе реабилитации) и



Пример алгоритма анализа выбранного участка (период выполнения пациентом дозированной ходьбы)

Example of an algorithm for analyzing a selected area (the period of patient's controlled walking)

пациенты после клапанной коррекции. Анализ показателей ЧСС проводился в период выполнения пациентами лечебной гимнастики (ЛГ) и дозированной ходьбы (ДХ).

Всем пациентам группы исследования было проведено ХМ-ЭКГ с использованием системы длительного мониторингирования ЭКГ и АД «Кардиан-СДМ» производства УП «Кардиан» [6]. В рамках проведения данного исследования сотрудниками УП «Кардиан» был разработан специальный алгоритм «Анализ участка ХМ-ЭКГ». Данный

алгоритм позволил выделить определенный участок ХМ-ЭКГ и провести анализ средней, минимальной и максимальной ЧСС исключительно на «необходимом» отрезке ЭКГ. В исследование были включены участки ХМ-ЭКГ, соответствовавшие периоду выполнения пациентом ЛГ и ДХ [7]. Образец «необходимого» участка представлен на рисунке.

В анализ были включены следующие параметры ЧСС:

- средняя и максимальная ЧСС по данным ХМ-ЭКГ за сутки;
- максимальная ЧСС по данным ХМ-ЭКГ в период выполнения пациентом ЛГ и ДХ;
- максимальная ЧСС в период выполнения пациентом ЛГ и ДХ, зафиксированная в карте физической реабилитации при самостоятельном подсчете;
- субмаксимальная ЧСС (с учетом возраста и ступени двигательной активности);
- прирост показателя ЧСС.

Описание изучаемых параметров производили путем расчета средних выборочных значений и стандартного отклонения ($M \pm \delta$). Анализ полученных данных проводился с использованием программы SPSS Statistics v23,0.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Субмаксимальная ЧСС пациентов «слабой» группы в среднем составила $90,6 \pm 2,8$ удара в минуту. Средняя ЧСС за сутки по ХМ-ЭКГ – $71 \pm 9,1$ удара в минуту. Максимальная ЧСС за сутки по ХМ-ЭКГ – 104 ± 13 ударов в минуту, при проведении ЛГ – $86,3 \pm 11,3$ удара в минуту, при проведении ДХ – $96,18 \pm 13,9$ удара в минуту. Анализ параметров ЧСС представлен в табл. 1.

По данным анализа (табл. 1) наблюдается превышение ЧСС у пациентов при проведении ДХ по данным ХМ-ЭКГ, а также показателя максимальной ЧСС за сутки наблюдения. Пациенты вне проведения ЛГ и ДХ превышают показатели субмаксимальной ЧСС. Достоверные различия наблюдаются в показателях ЧСС между самостоятельным подсчетом ЧСС по сравнению с данными ХМ-ЭКГ в период проведения пациентами ДХ, $p=0,041$ ($\chi^2=0,265$). Различий в показателях ЧСС при проведении ЛФК не наблюдалось, $p=0,286$ ($\chi^2=0,249$). Измерения ЧСС при ХМ-ЭКГ проводятся непрерывно на протяжении ЛГ и ДХ, в то время как самостоятельный подсчет только в начале и в конце занятий [8, 9].

Таблица 1
Анализ параметров ЧСС пациентов «слабой» группы
Table 1
Analysis of heart rate parameters of the "weak" group patients

Параметры	Средний показатель (ударов в минуту)	Минимальный показатель (ударов в минуту)	Максимальный показатель (ударов в минуту)
Субмаксимальная ЧСС	$90,6 \pm 2,8$	85	94
Средняя ЧСС по ХМ-ЭКГ	$71 \pm 9,1$	57	92
Максимальная ЧСС по ХМ-ЭКГ	104 ± 13	80	120
Максимальная ЧСС ЛГ по ХМ-ЭКГ	$86,3 \pm 11,3$	70	106
Максимальная ЧСС ДХ по ХМ-ЭКГ	$96,18 \pm 13,9$	75	119
Максимальная ЧСС ЛГ при самостоятельном подсчете	$73,7 \pm 11$	62	102
Максимальная ЧСС ДХ при самостоятельном подсчете	$81,6 \pm 10$	70	103

Таблица 2
Анализ параметров ЧСС пациентов «сильной» группы
Table 2
Analysis of heart rate parameters of the "strong" group patients

Показатель	Средний показатель (ударов в минуту)	Минимальный показатель (ударов в минуту)	Максимальный показатель (ударов в минуту)
Субмаксимальная ЧСС	125,1±5,1	117	137
Средняя ЧСС по ХМ-ЭКГ	68,7±10,7	46	89
Максимальная ЧСС по ХМ-ЭКГ	103,9±15,4	74	129
Максимальная ЧСС ЛГ по ХМ-ЭКГ	88±17,3	57	117
Максимальная ЧСС ДХ по ХМ-ЭКГ	93,9±18,9	62	127
Максимальная ЧСС ЛГ при самостоятельном подсчете	76,6±9,1	60	94
Максимальная ЧСС ДХ при самостоятельном подсчете	82,3±13,5	117	137

Таблица 3
Анализ прироста ЧСС в группе исследования
Table 3
Analysis of heart rate increase in the study group

Показатель	Средний прирост ЧСС (ударов)	Количество пациентов с приростом ЧСС более 20 ударов
ЧСС ЛГ по ХМ-ЭКГ	17±11,4	8
ЧСС ДХ по ХМ-ЭКГ	25±11,7	23
ЧСС ЛГ при самостоятельном подсчете	6±8,5	2
ЧСС ДХ при самостоятельном подсчете	9,4±21	4

Анализ параметров ЧСС для пациентов «сильной» группы: субмаксимальная ЧСС пациентов «сильной» группы в среднем составила 125,1±5,1 удара в минуту, средняя ЧСС за сутки по ХМ-ЭКГ – 68,7±10,7 удара в минуту. Максимальная ЧСС за сутки по ХМ-ЭКГ – 103,9±15,4 удара в минуту, при проведении ЛГ – 88±17,3 удара в минуту, при проведении ДХ – 93,9±18,9 удара в минуту. Анализ параметров ЧСС представлен в табл. 2.

У пациентов «сильной» группы средние значения ЧСС при ЛГ и ДХ не превышают субмаксимальную ЧСС. Так же, как и в «слабой» группе, наблюдается различие показателей ЧСС при измерении ХМ-ЭКГ и при самостоятельном подсчете, в период выполнения ДХ – $p=0,005$ ($\chi^2=0,059$), при проведении ЛФК – $p=0,046$ ($\chi^2=0,392$).

Сравнительный анализ прироста ЧСС: как указывалось выше, прирост ЧСС при проведении КР не должен превышать более чем 20 ударов от исходной ЧСС. Анализ прироста ЧСС в группе исследования представлен в табл. 3.

У пациентов группы исследования наибольший прирост ЧСС составил 25 ударов при проведении ДХ по данным ХМ-ЭКГ ($n=23$). При самостоятельном измерении превышение ЧСС от исходной на 20 ударов наблюдалось у 6 пациентов (2 человека при ЛГ и 4 человека при ДХ).

Разработанный алгоритм «Анализ участка ХМ-ЭКГ» позволяет точно провести расчет изменения ЧСС у пациентов в период выполнения ЛГ и ДХ в рамках КР. Доработка и внедрение данного алгоритма позволит индивидуализировать КР для пациентов



на всех ступенях двигательной активности, особенно для пациентов с противопоказаниями к проведению теста с ФН (пациентов «слабой» реабилитационной группы).

■ ВЫВОДЫ

1. У пациентов «слабой» группы по данным анализа наблюдается превышение ЧСС при проведении ДХ по данным ХМ-ЭКГ и максимальной ЧСС за сутки наблюдения.
2. Пациенты «слабой» группы вне проведения КР (ЛГ и ДХ) превышают допустимые показатели субмаксимальной ЧСС.
3. Наблюдаются различия в показателях ЧСС между самостоятельным подсчетом ЧСС пациентом и при измерении по данным ХМ-ЭКГ: в период проведения пациентами «слабой» группы ДХ, $p=0,041$ ($\chi^2=0,265$), «сильной» группы как при ДХ ($p=0,005$ ($\chi^2=0,059$)), так и при ЛФК ($p=0,046$ ($\chi^2=0,392$)).
4. У пациентов группы исследования наибольший прирост ЧСС составил 25 ударов при проведении ДХ по данным ХМ-ЭКГ ($n=23$).
5. Разработанный алгоритм «Анализ ХМ-ЭКГ», внедренный в систему суточного мониторингирования ЭКГ и АД «Кардиан-СДМ» производства УП «Кардиан», позволяет точно провести расчет изменения ЧСС у пациентов в период выполнения ЛГ и ДХ в рамках КР.
6. Внедрение данного алгоритма в системах суточного мониторингирования ЭКГ и АД «Кардиан-СДМ» производства УП «Кардиан» позволяет индивидуализировать КР пациентов кардиологического профиля на всех ступенях двигательной активности, особенно для пациентов с противопоказаниями к проведению теста с ФН (пациентов «слабой» реабилитационной группы).

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Sudzhaeva S., Sudzhaeva O., Gubich T., Kazaeva N., Gapich M. *National recommendations rehabilitation of patients with cardiological and cardiosurgical profile (cardiological rehabilitation)*, Minsk, 2010 (in Russian).
2. Zolotukhin N., Konkov A. Indicators of the state of the body in coronary heart disease. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2019;3(91):15–19. (in Russian)
3. Baklushin A., Mishina I., Romanchuk S., Dovgalyuk Yu., Belova V., Alexandriyskaya N., Arkhipova S. Contents and first results of rehabilitation of cardiac patients in the clinic. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2014;6:43–46. (in Russian).
4. Kouidi E., Farmakiotis A., Koudis N., Deligiannis A. Transtelephonic electrocardiographic monitoring of an outpatient cardiac rehabilitation programme. *Clin. Rehabil.* 2006;20:1100–1104.
5. Chistyakova Yu., Mishina I., Dovgalyuk Yu., Mitryaeva I., Zolotareva A., Soldatova S. The effectiveness and tolerability of physical training in patients who have suffered a myocardial infarction, depending on the initial tolerance to physical activity. *Bulletin of Restorative Medicine*. 2021;20(3):104–112. Available at: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-3-104-112> (in Russian)
6. *User manual of the daily ECG and BP monitoring system "CARDIAN SM" SAD 941 111 001 RP*. (in Russian)
7. Ivanova G., Aronov D., Bubnova M., Mishina I., Sarana A. Pilotnyj proekt Pilot project «Development of the medical rehabilitation system in the Russian Federation». Systems for monitoring and monitoring the effectiveness of medical rehabilitation in acute myocardial infarction. *Bulletin of the Ivanovo Medical Academy*. 2016;21(1):15–18. (in Russian)
8. Lucani D., Cataldo G., Cruz J. A portable ECG monitoring device with Bluetooth and Holter capabilities for telemedicine applications. *Proceedings of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference, New York City, USA, Aug 30-Sept 3. 2006:5244–5247*.
9. Doimo S., Fabris E., Piepoli M. Impact of ambulatory cardiac rehabilitation on cardiovascular outcomes: a long-term follow-up study. *European Heart Journal*. 2019;40:678–85. Available at: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy417>