

DOI: <https://doi.org/10.51922/2616-633X.2023.7.2.1911>

# НАГРУЗОЧНАЯ КОРОНАРОДОППЛЕРОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ЧРЕСКОЖНЫХ КОРОНАРНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ

**В.А. Авхименко, А.Б. Тривоженко**

ФГБУ «Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства России» 636000, Томская обл., г. Северск, ул. Мира, д. 4  
e.mail borisah@yandex.ru

УДК 616.132.2-089.81-073:615.825.1

**Ключевые слова:** чрескожные коронарные вмешательства, физическая реабилитация, стресс-эхокардиография, доплер передней нисходящей артерии.

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ.** В.А. Авхименко, А.Б. Тривоженко. Нагрузочная коронародопплерография в оценке эффективности физической реабилитации пациентов после чрескожных коронарных вмешательств. *Неотложная кардиология и кардиоваскулярные риски*, 2023, Т. 7, № 2, С. 1911–1917.

В качестве метода оценки эффективности физической реабилитации после малоинвазивной хирургии коронарных артерий предлагается нагрузочное исследование кровотока в передней нисходящей артерии с целью оценки изменения скоростных показателей после длительных тренирующих процедур. Обследовано 49 мужчин, из которых 22 человека проходили восстановительное лечение после чрескожных коронарных вмешательств. Велоэргометрическая стресс-ЭхоКГ, дополненная измерением кровотока в ПНА, проводилась через 3 месяца после коронарной хирургии и через 3–4 месяца после длительных тренирующих процедур (терренкур, скандинавская ходьба, подъемы по ступенькам лестницы, гимнастика). Пиковая скорость диастолического потока ( $V_{\max}$ -ПНА) регистрировалась в точке перехода сосуда на переднюю межжелудочковую борозду, исходно и в течение первой минуты завершения нагрузки в момент горизонтального перемещения пациента в левую боковую позицию.

Выполнимость метода оказалась равной 73%, исходная  $V_{\max}$ -ПНА у обследуемых обеих групп составила 40 см/с [38–43], нагрузочная – у пациентов после ЧКВ 81 см/с [76–84], а в группе контроля – 92 см/с [85–97], прирост 97% и 124%, соответственно. При повторном тестировании у реконвалесцентов после ЧКВ на 15% возросла толерантность к физической нагрузке, и на 21% увеличилась нагрузочная скорость коронарного кровотока. В процессе контрольного тестирования исходная  $V_{\max}$ -ПНА соответствовала 44 см/с [40–47], а на пике нагрузки – 94 см/с [90–100], индуцированный рост  $V_{\max}$ -ПНА составил 118% [114–122] и был аналогичным группе контроля.

Таким образом, длительные тренирующие процедуры физической реабилитации увеличили нагрузочный прирост скорости коронарного кровотока не менее чем на 15–20%.

## EXERCISE CORONARY DOPPLER IN ASSESSMENT OF EFFICIENCY PHYSICAL REHABILITATION AFTER PERCUTANEOUS CORONARY INTERVENTIONS

**Viktor. A. Avkhimenko, Alexandr B. Trivozhenko**

FSBI "Siberian Federal Scientific and Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency" 636000, Tomsk Region, Seversk, Mira St., 4

**Key words:** percutaneous coronary interventions, physical rehabilitation, stress echocardiography, left descending artery doppler.

**FOR REFERENCES.** Viktor. A. Avkhimenko, Alexandr B. Trivozhenko. Exercise coronary Doppler in assessment of efficiency physical rehabilitation after percutaneous coronary interventions. *Neotlozhnaya kardiologiya i kardiovaskulyarnye riski* [Emergency cardiology and cardiovascular risks], 2023, vol. 7, no. 2, pp. 1911–1917.

The exercise blood-groove measurement in the left descending artery, offered as a method of assessment of efficiency physical rehabilitation after low-invasive coronary surgery.

Examined 49 men from whom 22 persons underwent recovery treatment after percutaneous coronary interventions (PCI). Bicycle stress-echocardiography, complemented with measurement of a blood-groove in LDA, was carried out in 3 months after coronary surgery and in 3–4 months after the long training procedures (special walking routes, Scandinavian walking, walking on the stairs, gymnastics). Peak speed of a diastolic stream (Vmax-LDA) was registered in a point of transition of a vessel to a forward interventricular furrow, initially and within the first minute of end of loading at the time of horizontal

moving of the patient to the left side position. The feasibility of a method appeared equal 73%, initial Vmax-LDA at the both groups was 40 cm/s [38-43], exercise Vmax-LDA at the patients after PCI was 81 cm/s [76-84], and in group of control – 92 cm/s [85-97], a gain of 97% and 124%, respectively. At repeated testing at convalescents after PCI for 15% the tolerance to physical activity increased, and exercise blood-groove measurement in the left descending artery increased by 21%. In the course of control testing initial Vmax-LDA was to 44 cm/s [40-47], and at peak of exercise – 94 cm/s [90-100], the growth of Vmax-LDA was 118% [114-122] and was analogous to group of control.

Thus, the long training procedures of physical rehabilitation are increased exercise – induced coronary blood-groove not less than by 15–20%.

## Введение

Современный уровень развития ультразвуковой медицинской техники сформировал новые направления кардиологической визуализации XXI века. Фундаментальные серошкальные исследования дополнились новыми технологиями ткань-визуализирующей оценки напряжения и сокращения миокарда, увеличив точность идентификации ишемии, а усовершенствование доплеровских методов открыло новые возможности для исследования коронарных артерий с определением скоростных параметров венозного кровотока. Сегодня коронародопплерография (КДГ) активно внедряется в процесс поиска и верификации гемодинамически значимых стенозов, определяя показания для рентгеноконтрастной коронароангиографии (КАГ) и последующего хирургического лечения ИБС [1, 2, 3].

К настоящему времени появились первые массивы данных, позволяющих прогнозировать развитие заболевания, базируясь на изменяющихся параметрах коронарного кровотока [4]. Кроме этого, методика удачно дополняет процесс стрессовой эхокардиографии (стресс-ЭхоКГ), повышая чувствительность и специфичность визуально-нагрузочного исследования [5, 6]. Одним из перспективных направлений ее развития представляется возможность оценки резервного потенциала коронарного русла при стресс-индуцирующем введении высоких доз вазодилататоров [7], причем данная технология хорошо зарекомендовала себя и в качестве средства оценки эффективности чрескожных коронарных вмешательств (ЧКВ) [8].

Вполне логичной представляется интеграция метода в процесс оценки эффективности восстановительного лечения пациентов после малоинвазивной хирургии ИБС. Коронародопплерография способна эффективно дополнить аудиторскую стресс-ЭхоКГ, проводимую для экспертизы результативности физической реабилитации кардиохирургических реконвалесцентов [9].

В качестве эталонного сосуда, характеризующего общее состояние коронарного кровотока, может быть выбрана передняя нисходящая артерия (ПНА), наиболее доступная для ультразвуковой визуализации, протяженная и разветвленная, снабжающая основную часть функционально активного миокарда левого желудочка (ЛЖ).

## Цель

Интегрировать нагрузочную коронародопплерографию в процесс оценки физической реабилитации пациентов после ЧКВ с оценкой изменения скоростных параметров кровотока в передней нисходящей артерии после длительных тренирующих процедур.

## Материал и методы

В исследование вошли 49 мужчин в возрасте от 55 до 68 лет (59 [56-64]), которые были разделены на две группы. Первую основную группу составили 22 пациента с ИБС, гемодинамически значимыми стенозами ПНА после баллонной ангиопластики и стентирования проксимальных (14 человек) и медиальных (8 человек) сегментов обозначенного ответвления левой коронарной артерии (ЛКА). Во второй контрольной группе, аналогичного возраста, находилось 27 условно здоровых мужчин, направленных для проведения велоэргометрической пробы (ВЭМ) в рамках углубленных медицинских осмотров.

Ангиографическая характеристика первой группы после ЧКВ была вполне удовлетворительной, резидуальных стенозов ПНА зарегистрировано не было, при этом присутствовали гемодинамически незначимые сужения (менее 50%) сосудистых просветов правой коронарной артерии и ее ветвей, а также огибающего ответвления ЛКА.

Исходная стресс-ЭхоКГ, дополненная КДГ, проводилась через 3 месяца после эндоваскулярной хирургии, далее 10 реконва-

лесцентом первой группы были направлены в загородный кардиологический санаторий, где проходили восстановительное лечение, включающее лечебную гимнастику, посещение плавательного бассейна и терренкур по равнинной местности, дополненный скандинавской методикой [10, 11]. После завершения санаторно-курортного лечения они продолжили апробированные тренирующие процедуры в домашних условиях. Остальные 12 физически активных мужчин, имеющих спортивный опыт в молодом возрасте, предпочли восстанавливаться амбулаторно. Пациенты данной подгруппы вели активный образ жизни, ежедневно совершали длительные пешеходные прогулки в усиленном темпе ходьбы, выполняли гимнастические упражнения с гантелями, занимались хозяйственной деятельностью на садово-огородных участках. Все обследуемые получали базовую медикаментозную терапию, включающую антикоагулянты и кальциевые антагонисты. Контрольное нагрузочное тестирование проводилось через 6–7 месяцев, таким образом, промежуток восстановительных тренировок составил 65 [58-75] дней.

Выздоровливающие были мотивированы воссоздать прежние физические кондиции, утраченные по причине ИБС, а среди сопутствующих заболеваний, чаще всего регистрировалась артериальная гипертония I-II степени, которая присутствовала у 12 (55%) обследуемых лиц первой группы.

В исследование не вошли пациенты с недостаточностью кровообращения II и более функционального класса по NYHA, серьезными нарушениями ритма, болезнями клапанного аппарата, лица, перенесшие Q-инфаркты миокарда, больные артериальной гипертонией III степени. Дополнительными противопоказаниями для включения пациентов в исследование были любые заболевания, исключающие проведение ВЭМ, а также неадекватная визуализация сердечных структур в вертикальной позиции пациента на велоэргометре.

Предварительная и контрольная стресс-ЭхоКГ выполнялась по стандартному протоколу в виде ступенчато возрастающей пробы с мощностью 25-50-75-100 Вт по 5 минут на каждой ступени. Проба прекращалась при появлении ультразвуковых и/или ЭКГ – признаков коронарной недостаточности, у пациентов без проявлений ИБС исследование останавливалось в момент достижения субмаксимальной возрастной ЧСС =  $0,85 \times (220 - \text{возраст пациента})$ , и/или систолического АД = 220 mmHg [12]. В каждом случае определялась толерантность к физической нагрузке (ТФН).

Оценка локальной сократимости осуществлялась в адаптированных для стресс-ЭхоКГ парастернальных сечениях ЛЖ. В качестве основного критерия коронарной недостаточности признавалось появление нарушений локальной сократимости ЛЖ (НЛС). Стандартно регистрировались ЧСС, систолическое артериальное давление (САД) и двойное произведение (ДП). Измерялись конечно – систолический и конечно-диастолический объемы (КСО, КДО), вычислялась ФВ ЛЖ по общепринятой методике. Инотропный резерв оценивался по степени динамического увеличения ФВ [9].

Исследование кровотока в ПНА проводилось дважды: исходно и в течение первой минуты завершения пробы в момент горизонтального перемещения пациента в левую боковую позицию. Цветовое доплеровское исследование обозначенной магистрали в модифицированной парастернальной позиции дополнялось спектральной доплерометрией в точке перехода сосуда на переднюю межжелудочковую борозду, без корректировки угла инсонации, при этом регистрировались пиковая скорость диастолического потока ( $V_{\max}$ -ПНА) [5, 6].

Все ультразвуковые исследования выполнялись на аппарате GE VIVID E9 (США), одним экспертом с 30 летним опытом, ВЭМ осуществлялась на стресс – тест – системе «AEROBIKE Kenz-cardico 1205» (Япония).

НИР была одобрена локальным этическим комитетом, права пациентов обеспечивались информационным и юридическим сопровождением диагностических процедур, включающим проведение разъяснений сути метода с документальным оформлением формуляра информированного согласия, составленного в соответствии с Хельсинкской декларацией ВМА.

Обработка статистического материала выполнялась с использованием пакета программ MedCalc (Бельгия). Для преодоления возможного математического искажения результатов, с учетом относительно малого количества переменных в группах, параметрические методы статистики не использовались. Данные указывались с размахом выборок, медианами и межквартильными диапазонами в формате (Me [QI-QIII]). Межгрупповые различия анализировались критерием Манна-Уитни. Рассчитывался уровень статистической значимости (p), а «нулевые гипотезы» отвергались при  $p < 0,05$ .

## Результаты

Велоэргометрическая стресс-ЭхоКГ была проведена всем пациентам обеих групп, но в 3 случаях у пациентов группы контроля,



проба не была доведена до диагностических критериев по причине усталости и отказа от увеличения нагрузки. Клинически значимых осложнений, требующих медикаментозного лечения или неотложных медицинских манипуляций не произошло ни в одном эпизоде. Вместе с тем, в 8 наблюдениях (5 и 3, соответственно группам) были зарегистрированы «малые» аритмические осложнения, которые спонтанно проходили после окончания ВЭМ. К их числу относились редкая суправентрикулярная или желудочковая экстрасистолия.

Стресс-ЭхоКГ позволила определить ТФН и состояние инотропного резерва. В состоянии покоя гемодинамические параметры выглядели следующим образом: ЧСС находилась в пределах от 68 до 90 в мин. (75 [70-88]); САД – от 110 до 150 мм.рт.ст. (125 [115-145]); ДП – от 82 до 196 ед. (106 [90-155]); ФВ – от 55 до 75% (63 [57-70]), при этом межгрупповых различий не наблюдалось. На пике пробы показатели сердечной деятельности закономерно возросли: в первой (основной) группе ЧСС измерялась в пределах от 110 до 140 в мин. (120 [115-135]); САД – от 150 до 200 мм.рт.ст. (170 [155-180]); ДП – от 160 до 280 ед. (225 [180-260]); ФВ – от 74 до 84% (79 [77-83]).

У пациентов после ЧКВ рост ЧСС ( $\Delta$ ) составил 60%,  $\Delta$ САД – 36%,  $\Delta$ ДП – 112%,  $\Delta$ ФВ – 25% от исходных. Мощность пороговой ступени ВЭМ регистрировалась в пределах от 50 до 100 Вт, ТФН была равной 85 Вт [55-90].

У пациентов группы контроля на этапе завершения пробы ЧСС регистрировалась в диапазоне от 120 до 160 в мин. (140 [135-150]);

САД – от 150 до 210 мм.рт.ст. (190 [160-180]); ДП – от 176 до 330 ед. (295 [182-310]); ФВ – от 78 до 89% (86 [80-87]).

Увеличение медианных показателей ЧСС в группе условно здоровых лиц составило 80%,  $\Delta$ САД – 52%,  $\Delta$ ДП – 178%,  $\Delta$ ФВ – 36% от исходных. Определялась и более высокая мощность пороговой ступени, которая варьировала в диапазоне от 100 до 150 Вт, при этом ТФН составила 120 Вт [110-140].

Межгрупповые различия нагрузочных показателей сердечной деятельности, инотропного резерва и ТФН оказались статистически достоверными в пользу условно здоровых обследуемых лиц ( $p < 0,0001$ ).

Несмотря на большие «акустические окна» и беспрепятственное широкое отображение области интереса, удачная исходная визуализация проксимальных сегментов ПНА оказалась возможной у 19 (86%) пациентов первой группы и 22 (81%) человек группы контроля. Нагрузочное исследование отмеченных магистралей, осложненное гипервентиляцией и легочным стеснением, характеризовалось дальнейшим снижением численности качественных измерений до 16 (73%) и 20 (74%), соответственно. Таким образом, выполнимость нагрузочной УДГ оказалась равной 73%.

Исходная  $V_{\max}$ -ПНА у кардиохирургических реконвалесцентов измерялась в диапазоне 37–48 см/с (40 [38-43]), а в группе условно здоровых лиц – 33–48 (40 [38-42]), межгрупповых различий зарегистрировано не было ( $p = 0,88$ ). На пике пробы, в течение первой минуты после горизонтального перемещения,

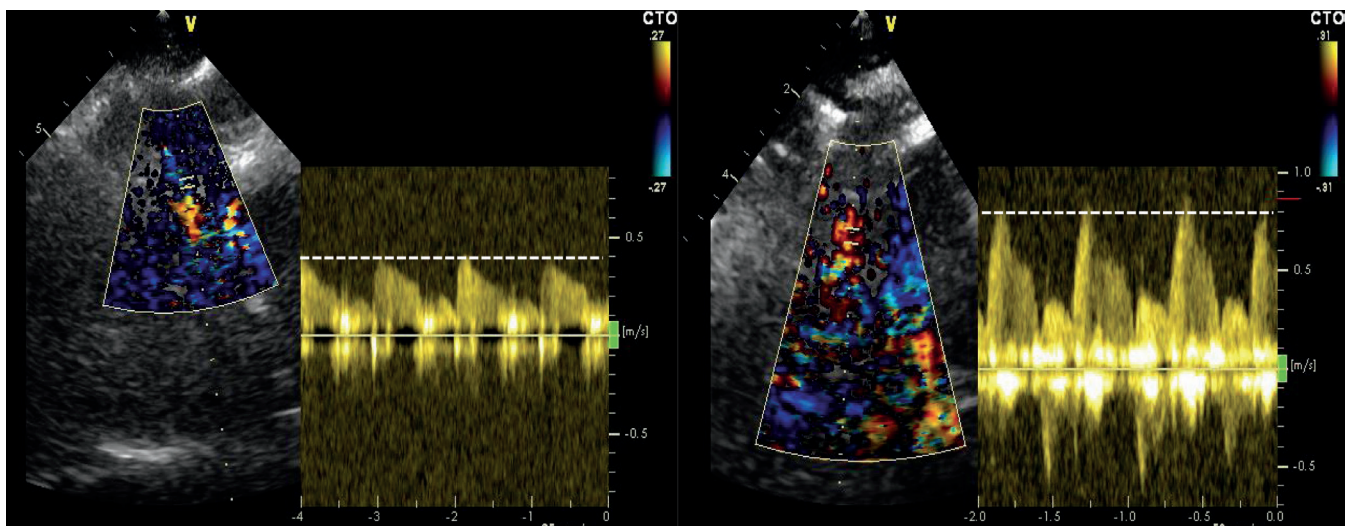


Рисунок 1. Нагрузочный рост скорости кровотока в ПНА у пациента К. 57 лет после ЧКВ проксимального сегмента (исходная  $V_{\max}$ -ПНА = 40 см/с, нагрузочная  $V_{\max}$ -ПНА = 80 см/с,  $\Delta V_{\max}$ -ПНА = 100%)

Figure 1. Exercise growth of speed of a blood-groove in LDA at the patient K. 57 years after PCI of a proximal segment (initial  $V_{\max}$ -LDA = 40 cm/s, exercise  $V_{\max}$ -LDA = 80 cm/s,  $\Delta V_{\max}$ -LDA = 100%)

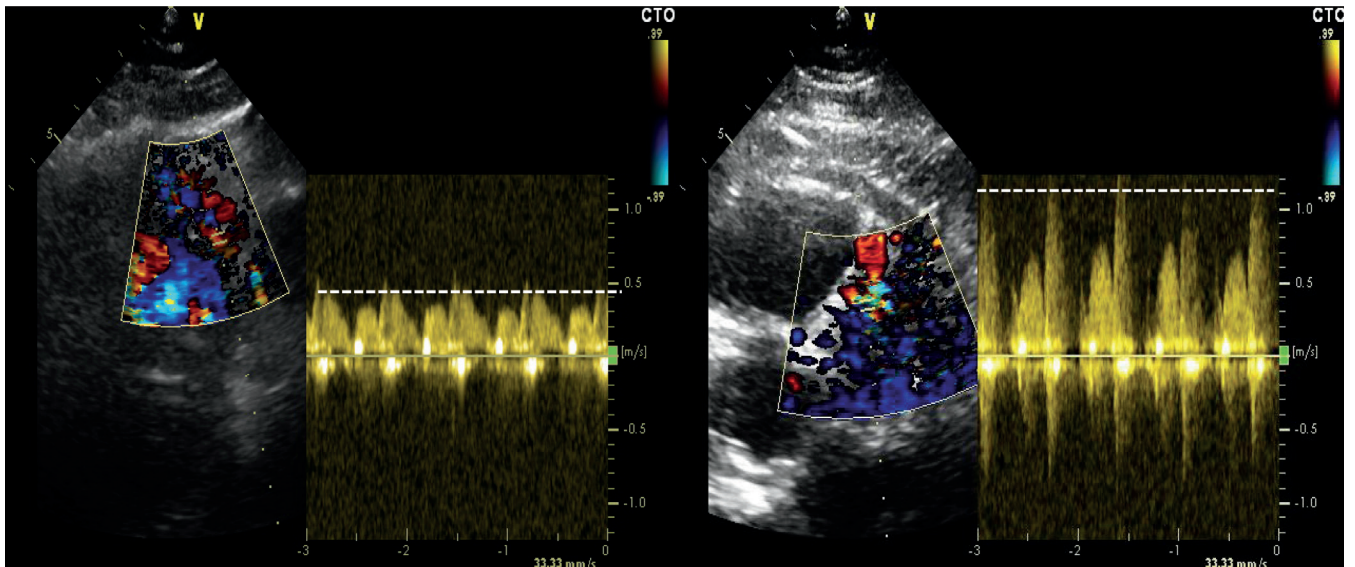


Рисунок 2. Нагрузочный рост скорости кровотока в ПНА здорового человека С. 52 лет (исходная  $V_{\max}$ -ПНА = 48 см/с, нагрузочная  $V_{\max}$ -ПНА = 110 см/с,  $\Delta V_{\max}$ -ПНА = 130%)

Figure 2. Exercise growth of speed of a blood-groove in LDA of the healthy person S. 52 years (initial  $V_{\max}$ -LDA = 48 cm/s, exercise  $V_{\max}$ -LDA = 110 cm/s,  $\Delta V_{\max}$ -LDA = 130%)

$V_{\max}$ -ПНА у пациентов после ЧКВ регистрировалась в пределах 73–93 см/с (81 [76-84]), а у обследуемых контрольной группы – в диапазоне 75–104 см/с (92 [85-97]). Процентный нагрузочный рост  $V_{\max}$ -ПНА в первой группе наблюдался с размахом 88–105% (97 [92-100]), во второй группе – 120–137% (124 [121-130]). Различия были очевидными ( $p < 0,0001$ ) и наблюдались при визуальном осмотре спектральных регистраций (рисунки 1 и 2).

В процессе проведения контрольной стресс-ЭхоКГ, выполненной через 6–7 месяцев после ЧКВ и через 3–4 месяца после длительной физической реабилитации, включающей тренирующие методики (терренкур, скандинавскую ходьбу, дозированные подъемы по ступенькам лестницы), обозначилось увеличение показателей, характеризующих инотропный резерв и ТФН.

Так, при повторном тестировании исходная ЧСС варьировала в пределах от 60 до 85 в мин. (68 [62-80]); САД – от 110 до 150 мм.рт.ст. (120 [110-140]); ДП – от 65 до 125 ед. (100 [82-110]); ФВ – от 57 до 70% (62 [58-66]). На этапе завершения пробы ЧСС регистрировалась в диапазоне от 120 до 140 в мин. (130 [125-133]); САД – от 150 до 210 мм.рт.ст. (180 [165-200]); ДП – от 200 до 295 ед. (265 [225-274]); ФВ – от 77 до 88% (84 [80-87]). Увеличение параметров сердечной деятельности оказалось более существенным, чем при исходном тестировании, нагрузочный рост ЧСС уже составил 90% (+30%),  $\Delta$ САД – 50% (+14%),  $\Delta$ ДП – 165% (+54%),  $\Delta$ ФВ – 35% (+10%) от исходных. Возросла и ТФН, которая измерялась в диапазоне

75–120 Вт (100 [80-110]), увеличившись на 15% по сравнению с предшествующей стресс-ЭхоКГ.

Эквивалентно изменились и показатели коронарного кровотока: несущественно возросла предстесовая  $V_{\max}$ -ПНА до 44 см/с [40-47] ( $p = 0,003$ ), при этом нагрузочная скорость перфузии уже измерялась с размахом 86–106 см/с (94 [90-100]), ВЭМ – индуцированный рост  $V_{\max}$ -ПНА составил 118% [114-122] и был значимо выше (+21%) процентного увеличения предшествующего физической реабилитации (рис. 3).

Следует добавить, что достоверных различий между подгруппами, в зависимости от индивидуальных тренировочных программ (санаторных или амбулаторных) в степени нагрузочного прироста  $V_{\max}$ -ПНА не наблюдалось, а на первом месте оказался мотивационный фактор восстановления физического состояния, который отмечался у всех обследованных пациентов после ЧКВ.

## Обсуждение

Методика коронародоплерографии набирает свою популярность благодаря возможности быстрого измерения кровотока с идентификацией стенозов в магистральных коронарных артериях [3]. Вместе с тем, очевиден и низкий темп ее развития, обусловленный техническими сложностями и ограниченным количеством моделей ультразвуковых аппаратов, способных высокочувствительно отображать обозначенные сосуды в цветовом



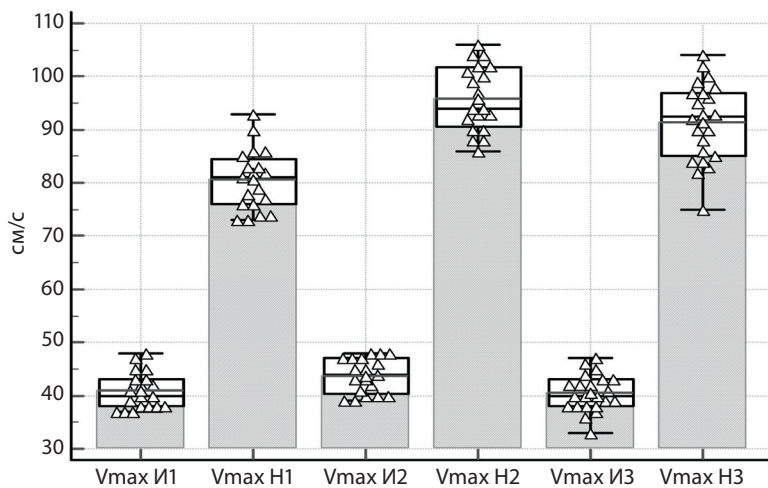


Рисунок 3. Исходные и нагрузочные значения максимальной скорости кровотока в ПНА у пациентов через 3 месяца после ЧКВ ПНА (Vmax I1-Vmax H1), после длительной физической реабилитации (Vmax I2-Vmax H2) и у здоровых пациентов (Vmax I3-Vmax H3)

Figure 3. Initial and exercise values of the maximum speed of a blood-groove in LDA at patients in 3 months after PCI LDA (Vmax I1-Vmax H1), after long physical rehabilitation (Vmax I2-Vmax H2) and at healthy patients (Vmax I3-Vmax H3)

доплеровском режиме. Данное обстоятельство объясняет и малое количество публикаций, и невысокий уровень практического применения КДГ. Тем не менее, накопленный опыт использования метода позволяет интегрировать его в процесс нагрузочного исследования коронарного резерва и определять эффективность лечебных мероприятий, что и было продемонстрировано в настоящем исследовании, а также согласуется с литературными данными [5, 6]. Процент удачно проведенных стрессовых визуализаций с измерением коронарного кровотока оказался закономерно ниже, чем при фармакологическом определении коронарного резерва [8]. Технические препятствия, обусловленные физиологическими для велоэргометрии видоизменениями акустических окон, снижали качество визуализации ПНА. В данном ключе немаловажной представляется детализация операторских манипуляций, позволяющих преодолевать обозначенные ограничения. Необходимо продумать размещение оборудования с возможностью быстрого перемещения пациента в левую боковую позицию, тщательная алгоритмизация действий, инструктаж и предварительная репетиция с участием пациента, наконец,

#### REFERENCE

1. Sirtori C.R., Labombarda F., Castelnovo S., Perry R. The use of echocardiography for the non-invasive evaluation of coronary artery disease. *Ann Med*, 2017, vol. 49 no. 2, pp. 134-141. doi: 10.1080/07853890.2016.
2. Labombarda F., Castelnovo S., Goularas D., Sirtori C.R. Status and potential clinical value of a transthoracic evaluation of the coronary arteries.

выбор, запоминание и быстрое нахождение актуального сосудистого участка для проведения измерений.

Исследование продемонстрировало более инертное по сравнению с ЧСС, снижение параметров коронарного кровотока после прекращения нагрузки, обусловленное защитно-приспособительной особенностью венозного кровообращения поддерживать повышенную перфузию миокарда еще какой-то период времени. Обозначенное свойство как раз и позволило проводить стрессовую КДГ на этапе завершения физической нагрузки. В отличие от фармакологической дефиниции коронарного резерва, нагрузочная методика характеризовалась физиологической, непринудительной реактивностью венозного русла, параметры которой в группе условно здоровых лиц все же продемонстрировали аналогичное увеличение [8].

Тренирующие методики физической реабилитации закономерно увеличивают резервные возможности сердечно-сосудистой системы, эквивалентно росту потенциальной сократимости миокарда возрастает и его перфузия, которая и определяется скоростными показателями коронарного кровотока. Данное исследование подтвердило фундаментальную истину, лежащую в основе данного вида восстановительного лечения пациентов после ЧКВ.

#### Заключение

Нагрузочная коронародоплерография может быть интегрирована в процесс оценки эффективности физической реабилитации пациентов после ЧКВ в качестве дополнительного аудиторского инструмента. Длительные тренирующие процедуры физической реабилитации: терренкур, скандинавская ходьба и дозированные подъемы по ступенькам лестницы увеличивают нагрузочный прирост максимальной скорости коронарного кровотока не менее чем на 15–20%.

#### Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов (должностных, финансовых, политических). Материал НИР выполнен с соблюдением этических норм, пациентами были подписаны информированные согласия в форме, разработанной юридическим отделом ФГБУ СибФНКЦ ФМБА России, утвержденной Генеральным директором.

*Cardiovasc Ultrasound*, 2016, vol. 19, pp. 5-12. doi: 10.1186/s12947-016-0048-5.

3. Agarkov M.V., Vorobevskii D.A., Osadchii A.M., et al. Transtorakalnoe ultrazvukovoe dopplerovskoe issledovanie perednej mezhheludochkovoy arterii kak alternativa opredeleniya mgnovennogo bezvolnovogo sootnosheniya pri chreskoznomno

- koronarnom vmeshatelstve u pacientki pozhilogo vozrasta [Transthoracic color (dopler) ultrasound of left anterior descending artery as alternative to immediate instant wave-free ratio for percutaneous coronary intervention in elderly patients]. *Translational Medicine*, 2018, vol. 5, no. 1, pp. 53-59. (in Russian).
4. Zagatina A., Guseva O., Kalinina E. et al. Additive prognostic value of high baseline coronary flow velocity to ejection fraction during resting echocardiography: 3-year prospective study. *Acta Cardiol*, 2023, vol. 78, pp. 389-399. doi: 10.1080/00015385.2021.2013004.
  5. Picano E., Ciampi Q., Wierzbowska-Drabik K., Urluescu M-L., Morrone D., Carpeggiani C. The new clinical standard of integrated quadruple stress echocardiography with ABCD protocol. *Cardiovascular Ultrasound*, 2018, vol. 16(1), pp. 22-34. doi: 10.1186/s12947-018-0141-z.
  6. Zagatina A.V., Zhuravskaya N.T. Vozmozhnost neinvazivnoj ocenki koronarnogo krovotoka v perednej mezhheludochkovej arterii vo vremya stress-ekkhokardiografii s fizicheskoy nagruzkoj [Value of noninvasive coronary flow parameters assessment in left anterior descending artery during exercise stress echocardiography]. *Ultrasonic and functional diagnostics*, 2016, vol. 1, pp. 70-77. (in Russian).
  7. Kasprzak J.D., Wejner-Mik P., Nouri A., Szymczyk E., Krzemińska-Pakuła M., Lipiec P. Transthoracic measurement of left coronary artery flow reserve improves the diagnostic value of routine dipyridamole-atropine stress echocardiogram. *Arch Med Sci*, 2013, vol. 31, pp. 802-807. doi: 10.5114/aoms.2013.38673.
  8. Boshchenko A.A., Vrublevsky A.V., Karpov R.S. Dinamicheskoe transtorakalnoe ultrazvukovoe issledovanie rezerva koronarnogo krovotoka pri ocenke effektivnosti chreskoznyh vmeshatelstv v perednej niskhodyashchej i pravoj koronarnyh arteriyah [Dynamic transthoracic ultrasonic examination of a coronary flow reserve at assessment of efficiency of transcatheter interventions in a left descending and right coronary arteries]. *Cardiology*, 2016, vol. 56, pp.18-25. doi: 10.18565/cardio.2016.6.18-25 (in Russian).
  9. Trivozhenko A.B., Yaroshuk S.A., Semenova J.V. et al. Stress-ekkhokardiografiya v opredelenii inotropnogo rezerva levogo zheludochka na etapah vosstanovitel'nogo lecheniya pacientov posle koronarnoj hirurгии [Stress-echocardiography in evaluation of left ventricular inotropic reserve at stages of medical rehabilitation in patients after coronary surgery]. *Sibirskij zhurnal klinicheskoy i eksperimental'noj mediciny*, 2014, vol. 29, no. 2, pp. 57-62. doi: 10.29001/2073-8552-2014-29-2-57-62. (in Russian).
  10. Lyamina N.P., Karpova E.S., Kotelnikova E.V., Bizyaeva E.A. Fizicheskie trenirovki v kardioreabilitacii i profilaktike u bolnyh IBS posle chreskoznyh koronarnyh vmeshatelstv: granicy effektivnosti i bezopasnosti [Physical training in the rehabilitation and prevention in patients with ischemic heart disease after percutaneous coronary interventions: the borders of efficiency and safety]. *Rossijskij kardiologicheskij zhurnal*. 2014, vol. 19, no. 6, pp. 93-98. doi: 10.15829/1560-4071-2014-6-93-98 (in Russian).
  11. Galtseva N.V. Reabilitaciya v kardiologii i kardiohirurgii [Rehabilitation in cardiology and cardio surgery]. *Klinicist*, 2015, vol. 2, pp.13-22. doi: 10.17 650/1818-8338-2015-9-2-13-22. (in Russian).
  12. Riebe D., Ehrman J.K., Liguori G., Magal M. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2018. 500 p. DDC 615.8/2-dc23 //lccn.loc.gov/2016042823.

Поступила: 14.09.2023