

# Использование технологии визуализации вектора скорости движения миокарда (Velocity Vector Imaging) у пациентов с ишемической болезнью сердца до и после хирургической реваскуляризации

Е. Б. Петрова\*

ГБОУ ВПО «Нижегородская государственная медицинская академия»  
Минздрава России

## The Use of Velocity Vector Imaging in Patients with Ischemic Heart Disease Before and After Surgical Revascularization

E. B. Petrova\*

Nizhny Novgorod State Medical Academy, Ministry of Healthcare of Russia

### Реферат

Целью настоящего исследования явилась оценка функциональных показателей левого желудочка (ЛЖ) у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) до и в ранние сроки после хирургической реваскуляризации с помощью стандартной эхокардиографии и технологии визуализации вектора скорости движения миокарда (Velocity Vector Imaging). В исследование включены 28 пациентов с ишемической болезнью сердца. На основании оценки сократительной функции ЛЖ при стандартном эхокардиографическом исследовании в покое сформированы 2 группы: группа I — без сократительной дисфункции ( $n = 14$ ), группа II — с нарушением сократимости ( $n = 14$ ). Влияние ИБС на сегменты ЛЖ в обеих группах выражается не только в сочетанном снижении или компенсаторном увеличении деформации (S) и скорости деформации (SR), но и разнообразными вариантами, связанными с изменением преимущественно показателя S или SR. Наряду с этим, отмечается изменение направления движения волокон миокарда ЛЖ. После реваскуляризации более выраженная положительная динамика функции продольных волокон выявлена в группе I. Значительное улучшение функции радиальных и ухудшение функции циркулярных волокон зарегистрировано в обеих группах.

\* **Петрова Екатерина Борисовна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики ФПКВ ГБОУ ВПО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава России.  
Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 5, кв. 66.  
Тел.: +7 (831) 433-75-78. Электронная почта: eshakhova@yandex.ru

**Petrova Ekaterina Borisovna**, Ph. D. Med., Associate Professor of the Department of Radiodiagnosis, the Faculty of Doctors Advanced Training, Nizhny Novgorod State Medical Academy, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 5/66, ul. Minina, Nizhny Novgorod, 603950, Russia.  
Phone number: +7 (831) 433-75-78. E-mail: eshakhova@yandex.ru

**Ключевые слова:** ишемическая болезнь сердца, вектор скорости движения миокарда, Velocity Vector Imaging, функция левого желудочка.

## Abstract

The purpose of this study was to evaluate the functional parameters of the left ventricle (LV) in patients with coronary heart disease (CHD) before and early after surgical revascularization using standard echocardiography and Velocity Vector Imaging. The study included 28 patients with ischemic heart disease. Based on the evaluation of the contractile function of the left ventricle during a standard echocardiographic examination at rest were divided into two groups: group I – without contractile dysfunction (n = 14), group II with impaired contractility (n = 14). The impact of CHD on LV segments in both groups is reflected not only in combined compensatory decrease or increase of strain (S) and strain rate (SR), but also variations due to changes mainly of S or SR. Along with this marked change in the direction of motion of LV myocardial fibers. After revascularization more expressed positive dynamics of the functions of longitudinal fibers identified in group I. A significant improvement of radial fiber function were recorded in both groups. Significant dynamics in the function of circular fibers in the early stages are not registered.

**Key words:** Coronary Heart Disease, Velocity Vector Imaging, Left Ventricular Function, Strain, Strain Rate.

## Актуальность

Эхокардиографическое (эхоКГ) исследование пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) является важным диагностическим методом, позволяющим проводить динамическое наблюдение за пациентом до и после реваскуляризации миокарда. Стандартное эхоКГ-исследование позволяет достаточно точно оценить объемы и фракцию выброса левого желудочка (ЛЖ), вычислить соотношение пика раннего и позднего диастолического наполнения. Сократительная функция ЛЖ – более сложный процесс, связанный с взаимодействием продольных, радиальных и циркулярных волокон. Известно, что во время систолы происходит укорочение продольных и циркулярных волокон, а также поперечное утолщение радиальных волокон [1].

Детальный анализ сократимости миокарда ЛЖ можно получить при использовании технологии Velocity Vector Imaging (VVI) [2–4]. В отечественной литературе данная технология опре-

деляется не буквальным переводом, а термином «визуализация вектора скорости движения миокарда» [5]. Показателями, отражающими функцию волокон ЛЖ, являются деформация (strain, S) и скорость деформации (strain rate, SR) [2]. Так, согласно данным литературы, при ИБС в первую очередь изменяются деформационные показатели продольных волокон, так как кровоснабжение субэндокардиальных слоев страдает в большей степени [6]. При трансмуральном поражении нарушается функция продольных, радиальных и циркулярных волокон. В отечественной и зарубежной литературе нет работ, посвященных динамике S и SR после хирургической реваскуляризации миокарда при использовании технологии Velocity Vector Imaging.

**Цель:** оценить показатели деформации и скорости деформации продольных, циркулярных и радиальных волокон миокарда ЛЖ до и после хирургической реваскуляризации.

## Материалы и методы

Обследовано 28 пациентов с ИБС. Средний возраст обследуемых составил  $56 \pm 6$  лет (от 39 до 66 лет). 20 (71 %) пациентов имели в анамнезе перенесенный инфаркт миокарда, у 8 (29 %) обследуемых были зарегистрированы только ишемические изменения.

Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией (принятой в июне 1964 г. (Хельсинки, Финляндия) и пересмотренной в октябре 2000 г. (Эдинбург, Шотландия) и одобрено Этическим комитетом Ниж-ГМА. От каждого пациента получено информированное согласие.

ЭхоКГ-исследование выполнялось на ультразвуковом сканере Acuson X 300 (Siemens). Анализ деформационных свойств миокарда ЛЖ проводился в режиме постобработки с помощью системы Syngo VVI, Siemens Medical Solutions USA Inc.

При стандартной эхоКГ проводился анализ систолической функции ЛЖ согласно модифицированному методу Симпсона. Вычислялись индексы объемов ЛЖ (конечно-диастолический (КДО) и конечно-систолический (КСО), фракция выброса ЛЖ (ФВ). Оценка сегментарной сократимости в покое проводилась согласно рекомендациям Американской ассоциации эхокардиографистов при делении ЛЖ на 17 сегментов. Рассчитывался индекс нарушения локальной сократимости (ИНЛС). На основании визуальной оценки сегментарной сократимости ЛЖ сформированы 2 группы: группа I — пациенты без нарушения сократительной функции ЛЖ (14 (50 %) человек), группа II — пациенты с нарушением сегментарной сократимости (14 (50 %) человек). ИНЛС в группе I = 1. ИНЛС

в группе II составил в среднем  $1,52 \pm 0,41$  (от 1,06 до 2,5).

При исследовании ЛЖ с помощью VVI оценивались продольные, радиальные и циркулярные волокна ЛЖ в обеих группах пациентов.

Проводился анализ продольной, радиальной, циркулярной деформаций и скорости деформации в 252 сегментах I группы и в 252 сегментах II группы до и на 12-е сутки после коронарного шунтирования. Деление ЛЖ на сегменты для анализа с помощью технологии VVI осуществляли согласно рекомендациям American Society of Echocardiography [4, 7]. Так, функцию продольных волокон исследовали в апикальных 4-, 2- и 5-камерных позициях. В каждой позиции анализировали по 6 сегментов. Изучение циркулярных и радиальных волокон проводили из парастернального доступа в поперечном сечении ЛЖ на уровне митрального клапана, папиллярных мышц и на уровне верхушки. В каждом поперечном сечении ЛЖ оценивались 6 сегментов.

Таким образом, при использовании технологии VVI осуществляется деление ЛЖ на 18 сегментов [7].

На основании исходного анализа сегментов в группах I и II по величине S и SR для всех волокон сформировано 10 групп. Так, группу 1 составили нормальные показатели S и SR; группу 2 — низкие показатели S и SR; группу 3 — увеличенные показатели S и SR; группу 4 — нормальный S и низкий SR; группу 5 — нормальный S и высокий SR; группу 6 — низкий S и нормальный SR; группу 7 — низкий S и высокий SR; группу 8 — высокий S и нормальный SR; группу 9 — высокий S и низкий SR; группу 10 — парадоксальное сокращение волокон.

Статистическую обработку проводили с помощью программы Statistica 6.0 с применением критериев Стьюдента.

### Результаты и их обсуждение

Всем пациентам при поступлении было выполнено чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ). Существенного различия при анализе поражений коронарного русла (КР) между группами не обнаружено (табл.).

При стандартном эхоКГ-исследовании достоверного различия по индексам КДО ( $52,9 \pm 13,06$  мл/м<sup>2</sup> — группа I,  $70,5 \pm 32,4$  мл/м<sup>2</sup> — группа II ( $p = 0,07$ ), КСО ( $23,9 \pm 9,7$  мл/м<sup>2</sup> — группа I,  $36,8 \pm 25,9$  мл/м<sup>2</sup> — группа II ( $p = 0,09$ ) и ФВ ЛЖ ( $55 \pm 7,41$  % — группа I,  $49,8 \pm 8,7$  % — группа II ( $p = 0,1$ )) выявлено не было.

При оценке сократительной функции ЛЖ у пациентов группы II ИНЛС находился в пределах от 1,06 до 2,5. Всего при визуальной оценке сократимости в данной группе было проанализировано 238 сегментов. Исходно было выявлено только 69 (29 %) сегментов ЛЖ с сократительной дисфункцией. Из них 16 (23 %) сегментов имели дисфункцию в виде гипокинезии, 47 (68 %) — акинезию, 6 (9 %) — дискинезию. После хирургической реваскуляризации наруше-

ние сократимости зарегистрировано в 54 (22 %) сегментах (гипокинезия — 16 (29 %), акинезия — 36 (66 %), дискинезия — 2 (5 %).

Таким образом, при стандартном эхоКГ-исследовании после проведения реваскуляризации 15 (21 %) сегментов ЛЖ улучшили сократительную функцию.

### Функция продольных, циркулярных и радиальных волокон миокарда ЛЖ группы пациентов с равномерной сократимостью

Анализ функции продольных волокон ЛЖ показал нормальные показатели S и SR в группе 1 ( $S -19,8 \pm 1,04$  %,  $SR -1,03 \pm 0,08$  с<sup>-1</sup>), которые остались без изменений после реваскуляризации ( $S p = 0,17$ ;  $SR p = 0,06$ ) (рис. 1). Низкие S ( $-10,95 \pm 3,89$  %) и SR ( $-0,61 \pm 0,18$  с<sup>-1</sup>) увеличились ( $S -14,11 \pm 5,7$  ( $p = 0,00001$ );  $SR -0,99 \pm 0,43$  с<sup>-1</sup> ( $p = 0,000001$ ), причем SR нормализовался. Высокие S ( $-26,66 \pm 4$  %) и SR ( $-1,7 \pm 0,57$  с<sup>-1</sup>) снизились: S достиг нормы ( $-18,06 \pm 3,83$  ( $p = 0,00001$ ), а SR остался увеличенным ( $-1,39 \pm 0,47$  с<sup>-1</sup> ( $p = 0,01$ )). В группе 4 и 5 нормальные показатели S ( $-19,81 \pm 1,51$  и  $-19,56 \pm 1,28$  %) сочетались со снижением ( $-0,78 \pm 0,14$  с<sup>-1</sup>) и увеличением ( $-1,37 \pm 0,2$  с<sup>-1</sup>) SR. После опера-

### Анализ поражения коронарного русла у пациентов обеих групп

Вид поражения	Количество поражений	
	Группа I	Группа II
Стенозы КР до 50 %	3 (6 %)	7 (10 %)
Стенозы КР от 51 до 70 %	22 (35 %)	25 (34 %)
Стенозы КР от 71 до 99 %	23 (37 %)	24 (32 %)
Окклюзия в одном из коронарных бассейнов	14 (22 %)	18 (24 %)
Всего поражений	62 (100 %)	74 (100 %)

ции изменений S ( $p = 0,74$  и  $p = 0,33$ ) и SR ( $p = 0,06$  и  $p = 0,16$ ) не произошло. В группах 6 и 7 при низких значениях S ( $-13,44 \pm 2,79$  и  $-14,85 \pm 1,74$  %) наблюдали нормальный ( $-0,99 \pm 0,07 \text{ с}^{-1}$ ) и увеличенный ( $-1,35 \pm 0,21 \text{ с}^{-1}$ ) SR. После оперативного лечения в группе 6 динамики S ( $p = 0,29$ ) и SR ( $p = 0,57$ ) не было. В группе 7 произошла нормализация SR ( $-1,09 \pm 0,46 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,04$ )). Значение S в группах 8 и 9 было увеличено ( $-23,8 \pm 1,14$  и  $-23,69 \pm 1,59$  %), при этом SR в группе 8 находился в пределах нормы ( $-1,00 \pm 0,09 \text{ с}^{-1}$ ), а в группе 9 был снижен ( $-0,82 \pm 0,36 \text{ с}^{-1}$ ). После реваскуляризации не было отмечено изменения S ( $p = 0,09$ ) и SR ( $p = 0,29$ ) в группе 8. В группе 9 получено снижение S ( $-12,07 \pm 2,6$  % ( $p = 0,00006$ )) без изменения SR ( $p = 0,24$ ). В группе 10 в 1 сегменте ЛЖ исходно наблюдали удлинение волокон (S

( $2,12\%$ ) и SR ( $0,15 \text{ с}^{-1}$ ). При динамическом наблюдении нормальное движение сегментов восстановилось, однако величины деформации и скорости деформации были низкими (S  $-2,53$  %, SR  $-0,16 \text{ с}^{-1}$ ) (рис. 1).

При исследовании циркулярных волокон в 252 сегментах ЛЖ к группам 3, 8 и 9 не было отнесено ни одного сегмента (рис. 2). В группе 1 с нормальными показателями S ( $-24,82 \pm 3,8$  %) и SR ( $-1,67 \pm 0,22 \text{ с}^{-1}$ ) отмечается снижение S ( $-18,54 \pm 5,53$  % ( $p = 0,00001$ )) при нормальном SR ( $p = 0,04$ ). В группе 2 (S  $-12,65 \pm 3,76$  %, SR  $-0,82 \pm 0,27 \text{ с}^{-1}$ ) наблюдалась положительная динамика S ( $-13,90 \pm 5,72$  % ( $p = 0,01$ )) и SR ( $-1,14 \pm 0,67 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,00001$ )), однако значения оставались низкими. В группе 4 (S  $-22,41 \pm 1,76$  %; SR  $-1,07 \pm 0,20 \text{ с}^{-1}$ ) снизился S ( $-7,76 \pm 6,38$  % ( $p = 0,006$ )), а SR остался без изме-

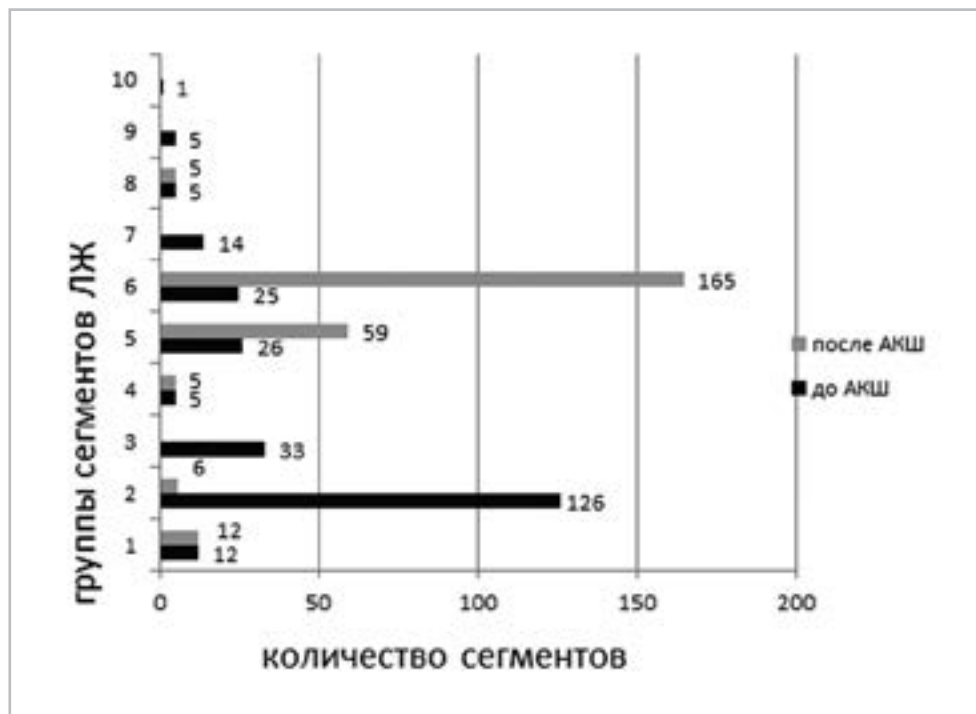


Рис. 1. Деформационные свойства сегментов продольных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после хирургической реваскуляризации ( $n = 252$ ) у пациентов с равномерной сократимостью (группа I)

нения ( $p = 0,11$ ). В группе 5 ( $S -27,92 \pm 4,97 \%$ ,  $SR -2,24 \pm 0,49 \text{ c}^{-1}$ ) показатель  $S$  снизился ( $-17,88 \pm 5,43 \%$  ( $p = 0,00001$ )), а  $SR$  нормализовался ( $-1,34 \pm 0,38 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,00001$ )). В группе 6 значение  $S$  осталось без динамики ( $S -15,01 \pm 3,09 \%$  ( $p = 0,72$ )),  $SR$  снизился с  $-1,52 \pm 0,19 \text{ c}^{-1}$  до  $-1,23 \pm 0,43 \text{ c}^{-1}$  ( $p=0,001$ ). В группе 7 произошла нормализация  $SR$  с  $-2,4 \pm 0,26 \text{ c}^{-1}$  до  $-1,45 \pm 0,47 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,009$ ), увеличения  $S$  выявлено не было ( $S -16,92 \pm 5,20 \%$  ( $p = 0,92$ )). В группе 10 после реваскуляризации отмечается укорочение волокон, хотя  $S$  и  $SR$  остаются низкими (до операции  $S 16,28 \pm 4,37 \%$ ,  $SR 1,1 \pm 0,50 \text{ c}^{-1}$ ; после операции  $S -12,18 \pm 15,7 \%$ ,  $SR -1,01 \pm 0,91 \text{ c}^{-1}$ ).

При анализе радиальных волокон в 252 сегментах в группе 1 до ( $S 28,70 \pm 4,37 \%$ ;  $SR 1,39 \pm 0,15 \text{ c}^{-1}$ ) и после операции  $S$  ( $p = 0,006$ ) и  $SR$  ( $p = 0,82$ ) оста-

вались в пределах нормы (рис. 3). Показатели  $S$  ( $13,50 \pm 4,90 \%$ ) и  $SR$  ( $0,68 \pm 0,25 \text{ c}^{-1}$ ) в группе 2 нормализовались ( $S 26,32 \pm 21,8 \%$  ( $p = 0,0002$ );  $SR 1,55 \pm 1,11 \text{ c}^{-1}$  ( $p=0,000007$ )). Увеличенные  $S$  и  $SR$  ( $S 50,69 \pm 13,60 \%$ ,  $SR 2,77 \pm 0,80 \text{ c}^{-1}$ ) в группе 3 снизились ( $S 21,46 \pm 9,03$  ( $p = 0,000001$ ),  $SR 1,37 \pm 0,55 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,00001$ )). В группе 4 изменений  $S$  не наблюдалось ( $S 26,61 \pm 3,19 \%$  ( $p = 0,05$ )),  $SR$  ( $0,74 \pm 0,22 \text{ c}^{-1}$ ) увеличился до нормы ( $1,46 \pm 0,59 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,002$ )). В группе 5  $S$  находился в пределах нормы до ( $29,63 \pm 5,10 \%$ ) и после операции ( $p = 0,05$ ), показатель  $SR$  снизился с  $2,57 \pm 0,86 \text{ c}^{-1}$  до  $1,47 \pm 0,78 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,00001$ ), т. е. достиг нормы. Отсутствие динамики  $S$  ( $18,03 \pm 2,7 \%$  ( $p = 0,11$ )) и  $SR$  ( $1,30 \pm 0,17 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,68$ )) наблюдалось в группе 6. В группе 7 ( $S 16,51 \pm 3,88 \%$ ,  $SR 2,09 \pm 0,58 \text{ c}^{-1}$ ) не было изменения  $S$

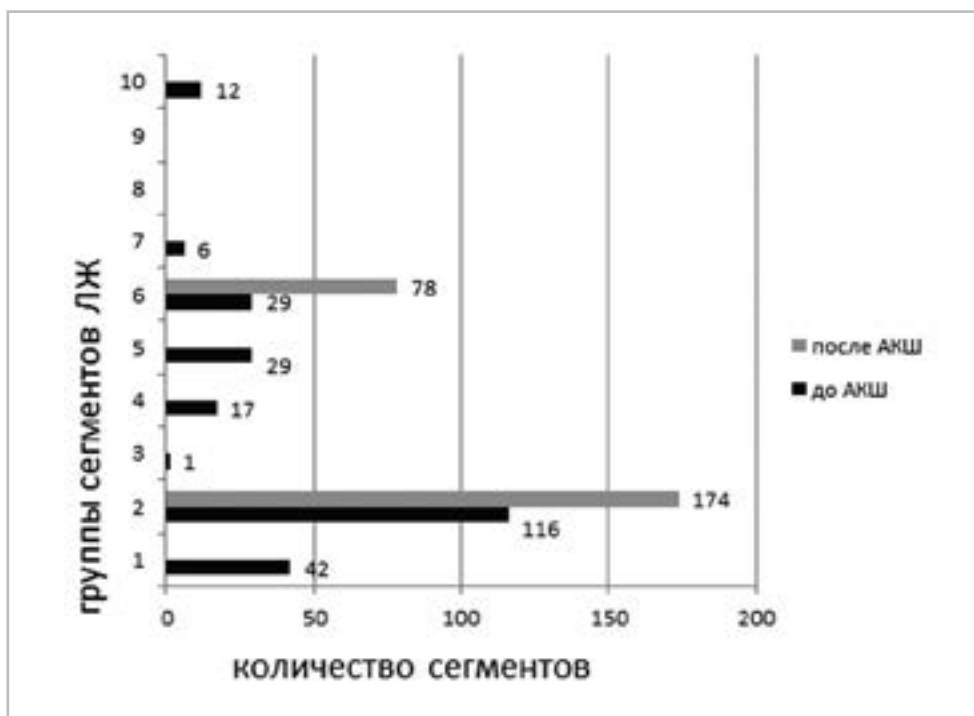


Рис. 2. Деформационные свойства сегментов циркулярных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после хирургической реваскуляризации ( $n = 252$ ) у пациентов с равномерной сократимостью (группа I)

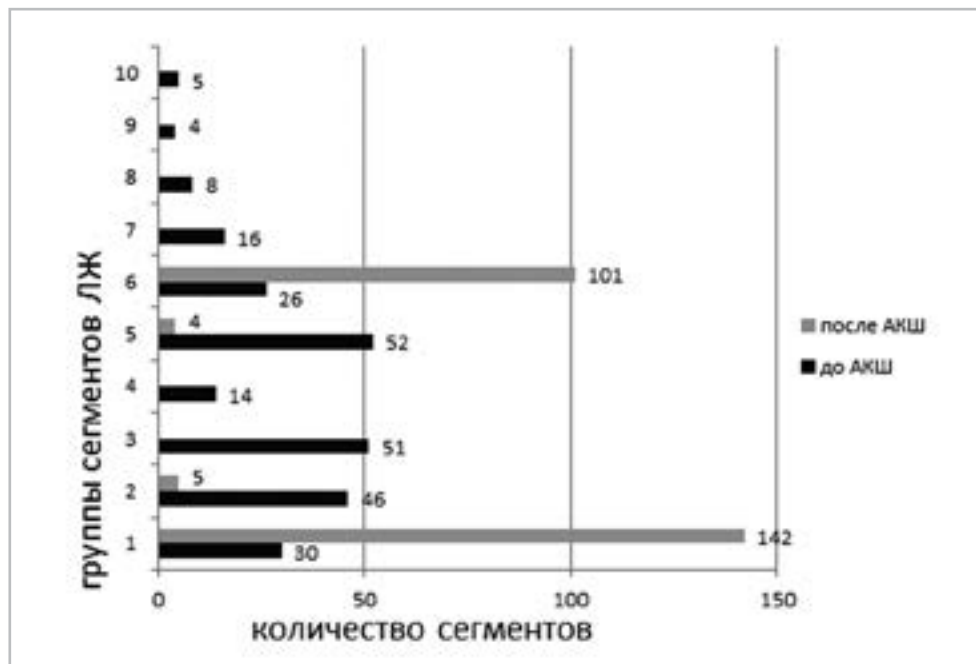


Рис. 3. Деформационные свойства сегментов радиальных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после хирургической реваскуляризации (n = 252) у пациентов с равномерной сократимостью (группа I)

( $p=0,17$ ), а SR нормализовался ( $SR 1,44 \pm 0,43 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,0002$ )). Увеличенный S ( $S 42,96 \pm 4,35 \%$ ) снизился в группе 8 ( $S 20,88 \pm 8,9 \%$  ( $p = 0,0005$ )), SR оставался в пределах нормы ( $SR 1,34 \pm 0,21 \text{ c}^{-1}$ , ( $p = 0,29$ )). Высокий S ( $40,47 \pm 2,03 \%$ ) и низкий SR ( $0,71 \pm 0,17 \text{ c}^{-1}$ ) после операции нормализовались ( $S 24,55 \pm 2,34 \%$  ( $p = 0,00004$ )) ( $SR 1,53 \pm 0,57 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,009$ )) в группе 9. Утолщение волокон наблюдалось после реваскуляризации в группе 10, хотя показатели S и SR остались низкими ( $S -17,67 \pm 11,75 \%$ ,  $SR -1,65 \pm 1,15 \text{ c}^{-1}$  до операции;  $S 15,84 \pm 12,60 \%$ ,  $SR 0,85 \pm 1,15 \text{ c}^{-1}$  после операции).

**Функция продольных, циркулярных и радиальных волокон миокарда ЛЖ у группы пациентов с нарушением сократимости**

Анализ функции групп продольных волокон ЛЖ у пациентов с нарушением

сократимости показал нормальные показатели S и SR в группе 1 ( $S -19,05 \pm 1,04 \%$ ,  $SR -1,01 \pm 0,07 \text{ c}^{-1}$ ), которые остались без изменений после операции ( $S p = 0,3$ ;  $SR p = 0,07$ ) (рис. 4). Низкие показатели S ( $-9,07 \pm 4,13 \%$ ) и SR ( $-0,52 \pm 0,21 \text{ c}^{-1}$ ) увеличились ( $S -10,7 \pm 5,31$  ( $p = 0,00001$ ),  $SR -0,76 \pm 0,40 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,000001$ ), но не достигли нормы. Высокие S ( $-25,18 \pm 3,05 \%$ ) и SR ( $-2,0 \pm 0,95 \text{ c}^{-1}$ ) снизились, причем S достиг нормальных значений ( $S -19,44 \pm 7,01$  ( $p = 0,00002$ )), а SR остался увеличенным ( $-1,42 \pm 0,47$  ( $p = 0,03$ )). В группах 4 и 5 нормальные показатели S ( $-18,29 \pm 0,87$  и  $-19,64 \pm 0,97 \%$ ) сочетались с низким ( $-0,88 \pm 0,007 \text{ c}^{-1}$ ) и высоким ( $-1,51 \pm 0,46 \text{ c}^{-1}$ ) SR. Изменений S и SR в группе 4 не выявлено, в группе 5 наблюдалось снижение S ( $-15,9 \pm 4,22 \%$  ( $p = 0,001$ )) и нормализация SR ( $-1,06 \pm 0,40 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,009$ )). В группах 6 и 7

при низком S ( $-14,13 \pm 2,84$  и  $-14,41 \pm 1,90$  %) наблюдали нормальные ( $-1,02 \pm 0,08 \text{ c}^{-1}$ ) и увеличенные ( $-1,45 \pm 0,38 \text{ c}^{-1}$ ) значения SR. После оперативного лечения в группе 6 динамики S ( $p = 0,33$ ) и SR ( $p = 0,32$ ) не наблюдали. В группе 7 произошла нормализация SR ( $-1,09 \pm 0,62 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,02$ )) при низком S ( $-13,52 \pm 4,93$  % ( $p = 0,33$ )). Значения S в группах 8 и 9 были увеличены ( $-23,6 \pm 1,43$  и  $-22,4 \pm 0,14$  %), при этом SR в группе 8 находился в пределах нормы ( $-1,04 \pm 0,05 \text{ c}^{-1}$ ), а в группе 9 был снижен ( $-0,81 \pm 0,05 \text{ c}^{-1}$ ). После операции не было изменений S и SR в группе 8 (S ( $p = 0,23$ ), SR ( $p = 0,23$ )), а в группе 9 получено увеличение SR ( $-1,32 \pm 0,1 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,04$ )). В группе 10 в 3 сегментах ЛЖ наблюдали изменение направления движения волокон (S  $7,81 \pm 10$  %, SR  $0,51 \pm 0,85 \text{ c}^{-1}$ ), которое при динамическом наблюдении

восстановилось, однако величины S и SR были низкими (S  $-5,7 \pm 3,54$  %, SR  $-0,41 \pm 0,25 \text{ c}^{-1}$ ) (рис. 4).

При исследовании циркулярных волокон в 252 сегментах ЛЖ к группам 3, 8 и 9 не было отнесено ни одного сегмента (рис. 5). В группе 1 с нормальными показателями S ( $-23,97 \pm 2,82$  %) и SR ( $-1,54 \pm 0,21 \text{ c}^{-1}$ ) после реваскуляризации отмечается снижение S ( $-16,67 \pm 8,92$  % ( $p = 0,0003$ )) при нормальном SR ( $p = 0,08$ ). В группе 2 (S  $-10,43 \pm 4,71$  %; SR  $-0,73 \pm 0,31 \text{ c}^{-1}$ ) наблюдалась положительная динамика S ( $-13,03 \pm 7,10$  % ( $p = 0,00002$ )) и SR ( $-0,99 \pm 0,47 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,00001$ )), однако их значения оставались низкими. В группе 4 (S  $-21,9 \pm 1,26$  %, SR  $-1,07 \pm 0,17 \text{ c}^{-1}$ ) не было изменений (S ( $p = 0,06$ ); SR ( $p = 0,82$ )). В группе 5 (S  $-26,5 \pm 5,12$  %, SR  $-1,94 \pm 1,35 \text{ c}^{-1}$ ) S снизился (S  $-18,18 \pm 5,65$  % ( $p = 0,004$ ),

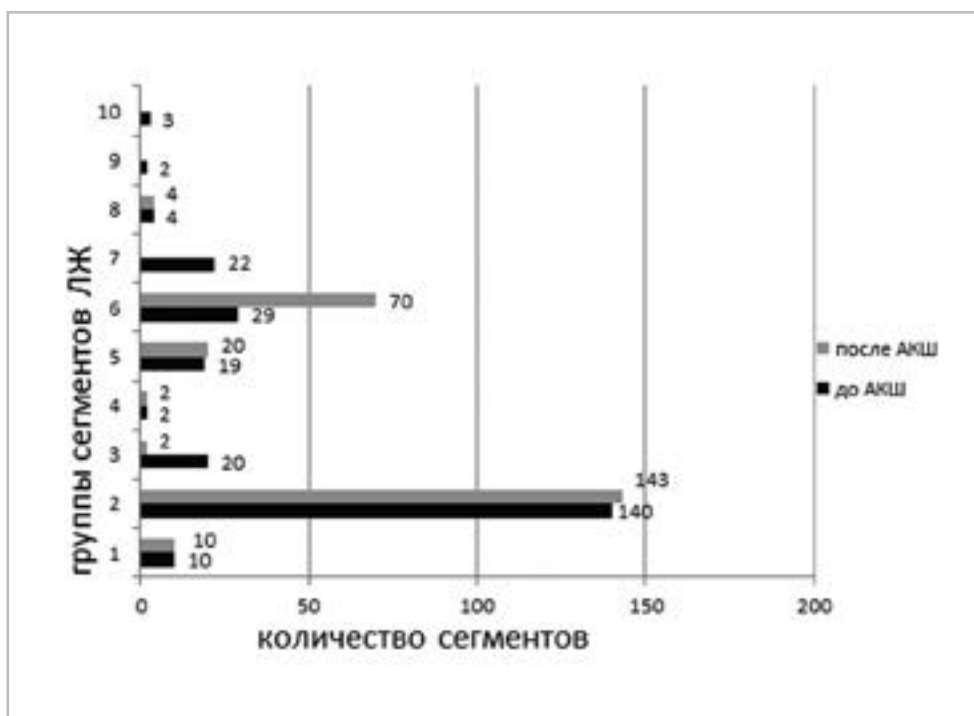


Рис. 4. Деформационные свойства сегментов продольных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после хирургической реваскуляризации (n = 252) у пациентов с нарушением сократимости (группа II)



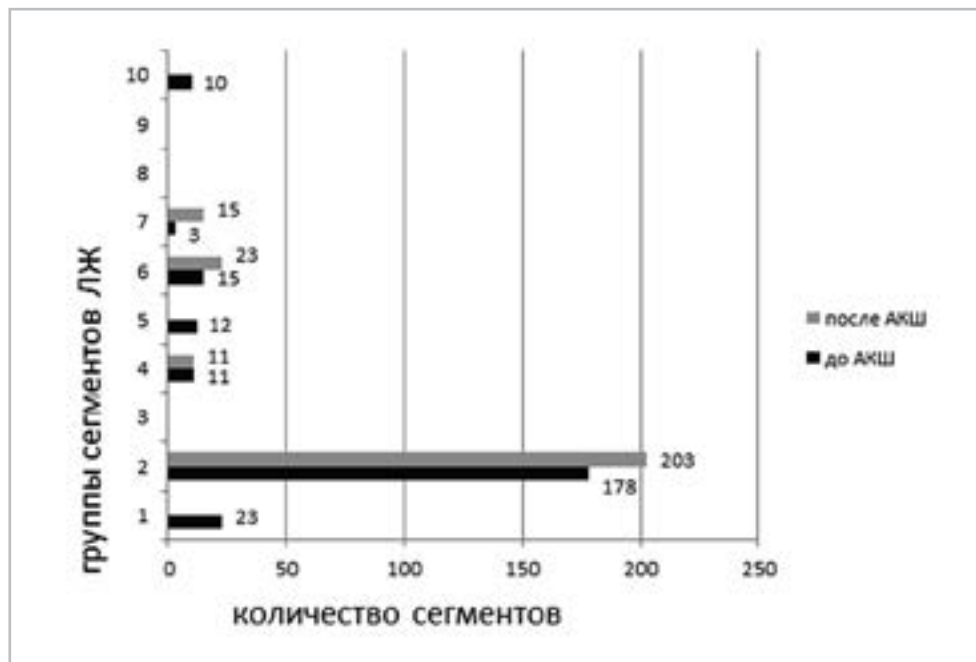


Рис. 5. Деформационные свойства сегментов циркулярных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после хирургической ревазуляризации (n = 252) у пациентов с нарушением сократимости (группа II)

а SR не изменился ( $p = 0,35$ ). В группе 6 S остался без динамики ( $S -15,79 \pm 3,52 \%$  ( $p = 0,09$ ), а SR снизился с  $-1,46 \pm 0,14$  до  $-0,95 \pm 0,36 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,0001$ ). В группе 7 изменений S и SR не произошло ( $S -20,3 \pm 6,69 \%$  ( $p = 0,67$ ) и  $SR -2,14 \pm 0,66 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,68$ ). В группе 10 после операции отмечается укорочение волокон, хотя S и SR остаются низкими ( $S 11,93 \pm 5,56 \%$ ,  $SR 0,86 \pm 0,53 \text{ c}^{-1}$  до ревазуляризации,  $S -8,00 \pm 5,58 \%$ ,  $SR -0,57 \pm 0,40 \text{ c}^{-1}$  после ревазуляризации).

При анализе радиальных волокон в 252 сегментах в группе 1 показатели S и SR оставались в пределах нормы до ( $S 28,13 \pm 4,09 \%$  и  $SR 1,35 \pm 0,18 \text{ c}^{-1}$ ) и после операции ( $S$  ( $p = 0,04$ ),  $SR$  ( $p = 0,27$ )) (рис. 6). Показатели S ( $11,70 \pm 5,25 \%$ ) и SR ( $0,68 \pm 0,23 \text{ c}^{-1}$ ) в группе 2 увеличились ( $S 18,02 \pm 11,19 \%$  ( $p = 0,00004$ ),  $SR 1,20 \pm 0,63 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,000001$ ), S остался низким, а SR достиг нормы. Увеличен-

ные S и SR ( $S 56,17 \pm 20,01 \%$ ,  $SR 2,4 \pm 0,65 \text{ c}^{-1}$ ) в группе 3 снизились ( $S 30,26 \pm 24,8$  ( $p = 0,000004$ ),  $SR 1,59 \pm 0,66 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,000001$ ). В группе 4 изменений S не наблюдалось ( $27,56 \pm 4,31 \%$  ( $p = 0,06$ ),  $SR (0,89 \pm 0,11 \text{ c}^{-1})$  увеличился до нормы ( $1,08 \pm 0,17 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,04$ )). В группе 5 S находился в пределах нормы до ( $28,15 \pm 4,26 \%$ ) и после операции ( $p = 0,75$ ), а SR снизился с  $2,15 \pm 0,43$  до  $1,64 \pm 1,04 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,02$ ). Положительная динамика S ( $17,25 \pm 3,8\%$ ) наблюдалась в группе 6. Так, низкий S увеличился ( $24,18 \pm 13,4 \%$  ( $p = 0,01$ ), а SR остался в пределах нормы ( $1,28 \pm 0,13 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,1$ )). В группе 7 ( $S 13,39 \pm 6,7 \%$  ( $p = 0,11$ ),  $SR 2,42 \pm 0,71 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,05$ )) показатели остались без динамики. Увеличенный S ( $42,8 \pm 5,03 \%$ ,  $p = 0,13$ ) и нормальный SR ( $1,43 \pm 0,08 \text{ c}^{-1}$ ,  $p = 0,9$ ) не изменились в группе 8. В группу 9 не было отнесено ни одного сегмента. Утолщение волокон

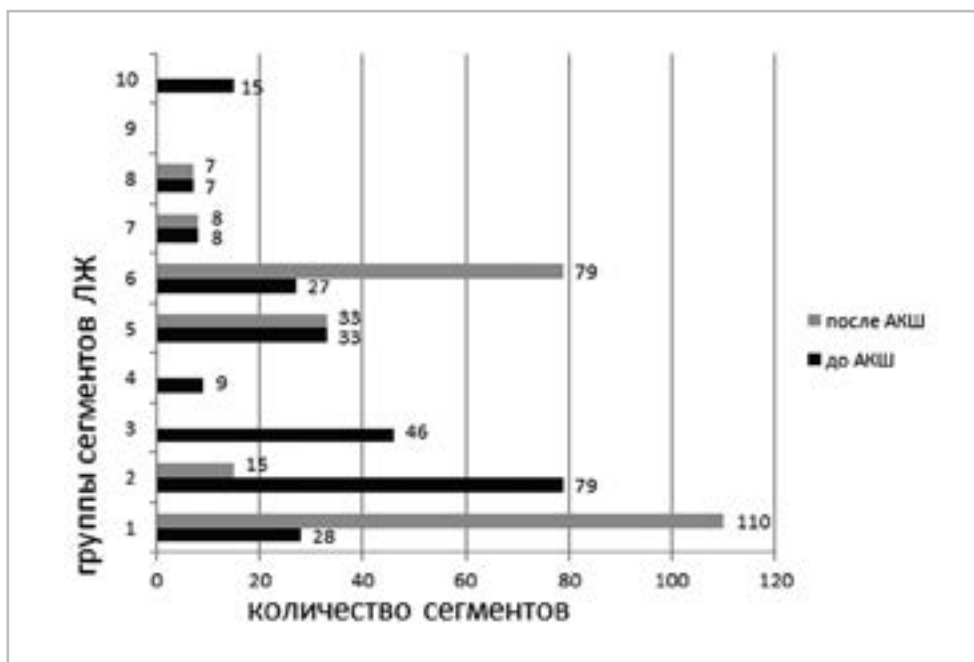


Рис. 6. Деформационные свойства сегментов радиальных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после хирургической реваскуляризации (n = 252) у пациентов с нарушением сократимости (группа II)

наблюдали после операции в группе 10, хотя S и SR остались низкими (S –  $18,57 \pm 10,60 \%$ , SR –  $1,36 \pm 0,78 \text{ с}^{-1}$  до операции; S  $12,27 \pm 10,02 \%$ , SR  $0,84 \pm 0,69 \text{ с}^{-1}$  после операции).

### Выводы

1. Влияние ИБС на сегменты ЛЖ у пациентов как с равномерной (группа I), так и со сниженной сократительной функцией (группа II) выражается не только в сочетанном снижении или компенсаторном увеличении S и SR (группы 2, 3), но и разнообразными вариантами, связанными с изменением преимущественно показателей S или SR (группы 4–9). Наряду с этим, отмечается изменение направления движения волокон миокарда ЛЖ (группа 10).
2. После реваскуляризации при анализе продольных волокон у пациентов

с равномерной сократимостью снижение S и SR выявлено только в 6 (2,3 %) сегментах, тогда как у пациентов с нарушением сократимости – в 143 (57,9 %). В обеих группах наблюдается увеличение количества сегментов с нормализацией SR при низком показателе S (группа I – 165 (65,6 %), группа II – 70 (27,7 %).

3. При исследовании функции циркулярных волокон после коронарного шунтирования у всех пациентов произошло увеличение количества сегментов с низкими показателями S и SR (174 (69 %) – группа I, 203 (80,5 %) – группа II). Нормализация SR при низком значении S преобладала в группе пациентов с равномерной сократимостью (n = 78 (31 %).
4. Увеличение количества сегментов с нормальными показателями S и SR

произошло в обеих группах пациентов при исследовании функции радиальных волокон (группа I – 142 (56 %), группа II – 110 (43,5 %). Кроме того, у всех пациентов зарегистрирована нормализация SR при низком значении S (группа 1 – 101 (40,3 %), группа 2 – 79 (31,3 %).

5. Все сегменты с изменением направления движения после реваскуляризации восстановили свою функцию, однако S и SR остались низкими.
6. Более выраженная положительная динамика наблюдалась при анализе функции продольных волокон у пациентов с равномерной сократимостью. Значительное улучшение функции радиальных волокон зарегистрировано в обеих группах. Существенной динамики в функции циркулярных волокон в ранние сроки не зарегистрировано.

### Список литературы

1. *Алехин М. Н.* Ультразвуковые методы оценки деформации миокарда и их клиническое значение. М.: Видар-М, 2012.
2. *Butz T., Lang C. N., van Bracht M., Prull M. W., Yeni H., Maagh P., Plehn G., Meissner A., Trappe H.-J.* Segment-orientated analysis of two-dimensional strain and strain rate as assessed by velocity vector imaging in patients with acute myocardial infarction // *Int. J. of Medical Sciences.* 2011. V. 8. № 2. P. 106–113.
3. *Purushottam Bh., Parameswaran A.C., Figueredo V.* Dyssynchrony in obese subjects without a history of cardiac disease using velocity vector imaging // *J. of the American Society of Echocardiography.* 2011. V. 24. P. 98–106.
4. *Carasso Sh., Biaggi P., Rakowski H., Mutlak D., Lessik J., Aronson D., Woo A., Agmon Y.*

*Velocity Vector Imaging: standart tissue – tracking results acquired in normals – the VVI – strain study // J of the American Society of Echocardiography.* 2012. V. 25. № 5. P. 543–552.

5. *Васюк Ю. А.* (ред.) *Функциональная диагностика в кардиологии: клиническая интерпретация: учеб. пос. М.: Практическая медицина.* 2009.
6. *Резник Е. В., Гендлин Г. Е., Сторожаков Г. И.* *Эхокардиография в практике кардиолога.* М.: Практика, 2013.
7. *Петрова Е. Б.* Возможности методики VVI в оценке показателей систолической функции левого желудочка и всех его сегментов. *Современные технологии в медицине // 2013. V. 5. №. 4. P. 56–63.*

### References

1. *Alekhin M. N.* *Ultrasound estimation techniques and their clinical significance.* Moscow: Vidar-M, 2012. P. 88 (in Russian).
2. *Butz T., Lang C.N., van Bracht M., Prull M.W., Yeni H., Maagh P., Plehn G., Meissner A., Trappe H.-J.* Segment-orientated analysis of two-dimensional strain and strain rate as assessed by velocity vector imaging in patients with acute myocardial infarction. *Int. J. of Medical Sciences.* 2011. V. 8. No. 2. P. 106–113.
3. *Purushottam Bh., Parameswaran A.C., Figueredo V.* Dyssynchrony in obese subjects without a history of cardiac disease using velocity vector imaging. *J. of the American Society of Echocardiography.* 2011. V. 24. P. 98–106.
4. *Carasso Sh., Biaggi P., Rakowski H., Mutlak D., Lessik J., Aronson D., Woo A., Agmon Yu.* *Velocity Vector Imaging: standart tissue – tracking results acquired in normals – the VVI – strain study.* *J. of the American Society of Echo-*

- cardiography. 2012. V. 25. No. 5. P. 543–552.
5. *Vasyuk Yu. A.* Functional diagnostics in cardiology: clinical interpretation. Moscow: Prakticheskaya meditsina, 2009. P. 312 (in Russian).
  6. *Reznik E. V., Gendlin G. E., Storozhakov G. I.* Echocardiography in cardiologist's practice. Moscow: Praktika, 2013. P. 212 (in Russian).
  7. *Petrova E. B.* VVI technique possibilities in the assessment of the indices of left ventricular systolic function and all its segments. Modern technologies in Medicine. 2013. V. 5. No. 4. P. 56–63.

---

### Сведения об авторе

**Петрова Екатерина Борисовна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики ФПКВ «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава России.  
Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 5, кв. 66.  
Тел.: +7 (831) 433-75-78. Электронная почта: eshakhova@yandex.ru

**Petrova Ekaterina Borisovna**, Ph. D. Med., Associate Professor of the Department of Radiodiagnosis, the Faculty of Doctors Advanced Training, Nizhny Novgorod State Medical Academy, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 5/66, ul. Minina, Nizhny Novgorod, 603950, Russia.  
Phone number: +7 (831) 433-75-78. E-mail: eshakhova@yandex.ru

### Финансирование исследования и конфликт интересов.

*Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Автор заявляет, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.*