

© ПАВЛЮКОВА Е. Н., КУЖЕЛЬ Д. А., МАТЮШИН Г. В., ЯКОВЛЕВ Е. И., НОВОСЕЛОВ О. В.

УДК 616.124.2:616.124.7-008.313:612.172.61]-07:519.233.5

DOI: 10.20333/2500136-2017-5-73-79.

## КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СКРУЧИВАНИЯ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ ПРИ БЛОКАДЕ ЛЕВОЙ НОЖКИ ПУЧКА ГИСА

Е. Н. Павлюкова<sup>1</sup>, Д. А. Кужель<sup>2,3</sup>, Г. В. Матюшин<sup>2</sup>, Е. И. Яковлев<sup>4</sup>, О. В. Новоселов<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт кардиологии Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, Томск 634012, Российская Федерация

<sup>2</sup>Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого, Красноярск 660022, Российская Федерация.

<sup>3</sup>Красноярская краевая больница №2, Красноярск 660049, Российская Федерация

<sup>4</sup>Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнёва, Красноярск 660037, Российская Федерация

**Цель исследования.** Изучить взаимосвязь скручивания ЛЖ и показателей гемодинамики у пациентов с БЛНПГ и систолической дисфункцией.

**Материал и методы.** Обследовано 30 пациентов с БЛНПГ с ишемической и дилатационной кардиомиопатиями и фракцией выброса ЛЖ менее 40 %. Все больные были разделены на две группы по 15 человек: с физиологическим разнонаправленным вращением базальных отделов и верхушки (группа 1) и аномальным однонаправленным (группа 2). Всем больным была выполнена эхокардиография с определением показателей гемодинамики, деформации миокарда и скручивания. Корреляционные связи между парами количественных признаков проводилась с использованием непараметрического рангового коэффициента Спирмена.

**Результаты.** В группе БЛНПГ и физиологическим (разнонаправленным) вращением наблюдалась корреляция между скручиванием и вращением на уровне верхушки и базальных отделов. В группе аномального (однонаправленного) вращения подобная связь отсутствовала. При анализе корреляционных связей апикального и базального вращения, а также результирующего скручивания с показателями гемодинамики в группе физиологического вращения были выявлены связи с ЧСС, фракцией выброса ЛЖ, индексом локальной сократимости, показателями диастолической функции, глобальной циркулярной деформацией на апикальном уровне. В группе с аномальным вращением корреляционные связи вращения и скручивания с показателями гемодинамики были представлены только с циркулярной деформацией на уровне базальных отделов и показателями потока легочных вен.

**Заключение.** Слабые связи вращения и скручивания с показателями гемодинамики в группе аномального вращения могут указывать на отсутствие существенной их взаимной зависимости и утрату физиологической роли скручивания в сокращении левого желудочка.

**Ключевые слова:** систолическая дисфункция, эхокардиография, деформация миокарда, ротация, скручивание, полная блокада левой ножки пучка Гиса.

**Для цитирования:** Павлюкова ЕН, Кужель ДА, Матюшин ГВ, Яковлев ЕИ, Новоселов ОВ. Корреляционный анализ скручивания левого желудочка и показателей гемодинамики при блокаде левой ножки пучка Гиса. *Сибирское медицинское обозрение.* 2017;(5): 73-79. DOI: 10.20333/2500136-2017-5-73-79.

## CORRELATION ANALYSIS OF LEFT VENTRICLE TWISTING AT BLOCKADE OF VENTRICULONECTOR LEFT LEG

E. N. Pavlyukova<sup>1</sup>, D. A. Kuzhel<sup>2,3</sup>, G. V. Matyushin<sup>2</sup>, E. I. Yakovlev<sup>4</sup>, O. V. Novoselov<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Cardiology, Siberian Branch of Russian Academy of Medical Sciences, Tomsk 634012, Russian Federation

<sup>2</sup>Professor V. F. Voyno-YasenskyKrasnoyarsk State Medical University; 660022, Russian Federation

<sup>3</sup>Regional State Hospital №2, Krasnoyarsk 660049, Russian Federation

<sup>4</sup>M. F. Reshetnev Krasnoyarsk State Aerospace University. Krasnoyarsk 660037, Russian Federation

**The aim of the research.** To study the relationship between LV twisting and hemodynamic parameters in patients with BLNGH and systolic dysfunction.

**Material and methods.** Thirty patients with BLNGH with ischemic and dilated cardiomyopathies and LV ejection fraction less than 40 % were examined. All patients were divided into two groups of 15 people: with physiological multidirectional rotation of the basal sections and apex (group 1) and anomalous unidirectional (group 2). All patients underwent echocardiography with determination of hemodynamic parameters, myocardial deformation and twisting. Correlation connections between pairs of quantitative characteristics were carried out using the nonparametric Spearman rank coefficient.

**Results.** In the group of BLNPH and physiological (multidirectional) rotation, a correlation was observed between twisting and rotation at the level of the apex and basal sections. In the group of anomalous (unidirectional) rotation, such connection was absent. When analyzing the correlation of the apical and basal rotation, as well as the resulting twisting with the parameters of hemodynamics in the group of physiological rotation, connections with heart rate, LV ejection fraction, local contractility index, diastolic function indices, global circular deformation at the apical level were revealed. In the group with anomalous rotation, the correlations of rotation and twisting with hemodynamic parameters were presented only with circular deformation at basal level and with pulmonary veins.

**The conclusion.** Weak connections of rotation and twisting with indices of hemodynamics in the group of anomalous rotation may indicate a lack of significant mutual dependence and loss of the physiological role of twisting in contraction of the left ventricle.

**Key words:** systolic dysfunction, echocardiography, deformation of the myocardium, rotation, twisting, complete blockage of the ventriculonector left leg.

**Citation:** Pavlyukova EN, Kuzhel DA, Matyushin GV, Yakovlev EI, Novoselov OV. Correlation analysis of left ventricle twisting at blockade of ventriculonector left leg. *Siberian Medical Review*. 2017;(5):73-79. DOI: 10.20333/2500136-2017-5-73-79.

## Введение

Скручивание левого желудочка (ЛЖ) играет ведущую роль в нормальном функционировании его систолической и диастолической функции, однако это движение может быть подвержено негативному влиянию различных процессов, в том числе и болезней системы проведения [1-3]. Известно, что блокада левой ножки пучка Гиса (БЛНПГ) уменьшает скручивание среди лиц с кардиопатиями и систолической дисфункцией. Это отрицательное влияние может в значительной степени ухудшать состояние гемодинамики ЛЖ [4, 5]. Несмотря на активное изучение влияния БЛНПГ на функцию ЛЖ, многое в понимании механизмов негативного эффекта этого нарушения проведения остается неясным.

Целью нашей работы было изучение корреляционных связей разных вариантов скручивания с показателями гемодинамики среди лиц с блокадой левой ножки пучка Гиса и систолической дисфункцией.

## Материал и методы

Исследование было выполнено у 30 лиц с полной БЛНПГ (средняя продолжительность QRS  $153,1 \pm 24,5$  мс, ( $M \pm SD$ )), имеющих выраженную систолическую дисфункцию ЛЖ ишемического или неишемического генеза в возрасте 30-60 лет с признаками хронической сердечной недостаточности III-IV функционального класса согласно NYHA. Критерием включения было наличие синусового ритма на ЭКГ, снижение сократительной способности ЛЖ с фракцией выброса (ФВ) менее 40%, конечный диастолический объем (КДО) ЛЖ более 180 мл. Всем больным была выполнена коронароангиография. Под ишемической кардиомиопатией понималась систолическая дисфункция ЛЖ с развитием застойной сердечной недостаточности при наличии одного или более из перечисленных признаков: наличие в анамнезе инфаркта миокарда или реваскуляризации миокарда, стеноз ствола левой коронарной артерии, передней нисходящей коронарной артерии или двух и более коронарных сосудов со стенозом более 75 % [6]. Диагноз дилатационной кардиомиопатии устанавливался на основании критериев, предложенных L. Mestroni et al. [7]. Критериями исключения служили: ФВ ЛЖ  $\geq 40\%$ , органическое поражение клапанов сердца, перенесенный инфаркт миокарда и/или инсульт менее 6 месяцев. У всех включенных в исследование пациентов было подписано информированное согласие на проведение эхокардиографии (ЭхоКГ) и анализ исследования в режиме off-line. Исследование

сердца производилось на ультразвуковом аппарате «Vivid 7 Dimension» и «Vivid-S6» (GE Healthcare). Определялись стандартные ЭхоКГ-показатели в общепринятых доступах. В апикальной позиции на уровне 4-х и 2-х камер оценивался конечный диастолический и конечный систолический объемы, рассчитывалась ФВ ЛЖ по методике Simpson (КДО<sub>4С</sub>, КСО<sub>4С</sub>, КДО<sub>2С</sub>, КСО<sub>2С</sub>, ФВ<sub>4С</sub>, ФВ<sub>2С</sub>), объем левого предсердия (ЛП), определялся индекс сферичности (IS), индекс локальной сократимости, оценивалось систолическое давление в легочной артерии (СДЛА) [8]. Оценка деформации (strain) миокарда ЛЖ проводилась по двумерным изображениям, зарегистрированным из парастернального доступа в позиции короткой оси и апикального доступа, позиции 4-х и 2-х камер. Серошкальные изображения (при частоте кадров (frame rate) 36 и более в секунду), автоматически «замораживались» в конце систолы с последующим оконтуриванием границ эндокарда и автоматическим определением глобальной продольной деформации (GS %), а также циркулярной деформации на уровне базальных и апикальных отделов (GS<sub>MV</sub> %, GS<sub>Ap</sub> %). С целью изучения вращательного движения ЛЖ выполнялась ЭхоКГ в двумерном режиме по стандартной методике из парастернального доступа по короткой оси ЛЖ на уровне фиброзного кольца митрального клапана и верхушки. В режиме кинопетли регистрировались три кардиоцикла, затем выполнялась оценка ротации и скручивания ЛЖ с помощью ультразвуковой технологии Speckle Tracking Imaging с использованием soft-программы (Echopac PC, GE Healthcare). По кривым, полученным на уровне митрального клапана и верхушки, рассчитывалось вращение ЛЖ в конце систолы на базальном (Rot<sub>MV</sub>) и апикальном уровнях (Rot<sub>apex</sub>), выраженное в градусах. Нормальное движение верхушки в систолу подразумевает движение против часовой стрелки и изображается на графике в виде кривой, направленной вверх от изолинии, и оценивается как положительная величина. Тогда как нормальное вращение базальных отделов связано с движением по часовой стрелке, что показывается на графике как кривая направленная вниз и оценивается в отрицательных значениях. Результирующее скручивание ЛЖ (torsion) оценивалось количественно как выраженная в градусах ротация верхушки минус значение ротации на базальном уровне [9]. Диастолическая функция ЛЖ оценивалась по трансмитральному кровотоку из апикальной 4-х камерной позиции в

режиме импульсно-волнового Доплера [10]. Определялась максимальная скорость ( $V_{max}$ ) раннего ( $E_{mitr}$ ) и позднего ( $A_{mitr}$ ) наполнения, их отношение ( $E_{mitr}/A_{mitr}$ ), время изоволюмического расслабления (IVRT), время замедления пика  $E$  (DT). В режиме импульсно-волновой тканевой доплерографии регистрировалась усредненная скорость движения базального сегмента боковой стенки и межжелудочковой перегородки в период раннего наполнения ЛЖ ( $Av. e'$ ), отношение  $E_{mitr} / Av. e'$ . С помощью импульсно-волнового Доплера по динамике потока в легочных венах также определялись дополнительные показатели диастолической функции ЛЖ: скорость систолического потока (S PV), скорость диастолического потока (D PV), их отношение (S/D). Кроме того, оценивался скоростно-временной интеграл систолической (VTI S PV) и диастолической (VTI D PV) волны потока легочных вен, фракция систолического наполнения левого предсердия (SEF), временная разница между продолжительностью пика  $A_g$  потока легочных вен в систолу предсердий и продолжительности пика  $A$  диастолического трансмитрального потока ( $A_g-A$ ), временной интервал от начала пика  $E$  трансмитрального потока и пика  $e'$  тканевого Доплера ( $T E-e'$ ), отношение времени изоволюмического расслабления и разницы между началом пика  $E$  и  $e'$  (IVRT/ $T E-e'$ ). Наличие внутрижелудочковой диссинхронии оценивалось как выраженная в миллисекундах (мс) задержка между пиком  $S$  (систолического сокращения) базаль-

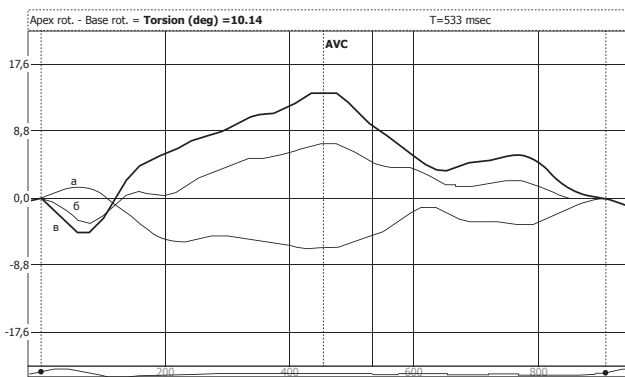


Рисунок 1. Нормальное физиологическое вращение базальных отделов (а) и верхушки (б). Результирующее скручивание (в).

ного септального сегмента и пиком  $S$  базального сегмента боковой или задней стенки в режиме цветовой тканевой доплеровской картирования (DeIS(CTD)).

По итогам ультразвукового исследования все пациенты были разделены на две группы. В 1-ю группу вошли 15 пациентов (53,7 % мужчин) с физиологическим, то есть разнонаправленным вращением апикаль-

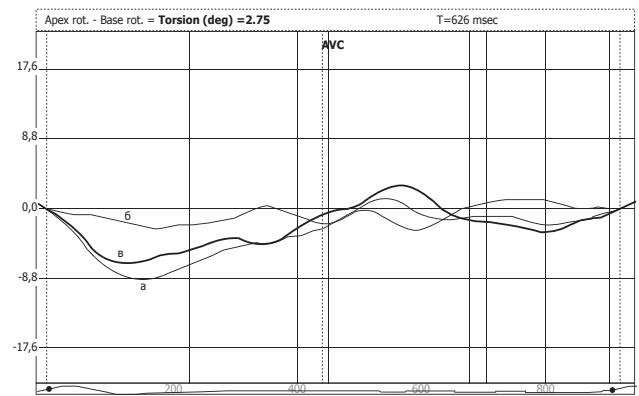


Рисунок 2. Аномальное (по часовой стрелке) вращение верхушки (а). Верхушка и базальные отделы вращаются в одном направлении – “rigid body rotation” (б,в).

ных и базальных отделов (рис. 1), во 2-ю группу – 15 пациентов (60 % мужчин) с аномальным, то есть с их однонаправленным вращением (рис. 2). Средний возраст пациентов в 1-й группе составил  $63,0 \pm 10,1$  лет (медиана 63 года, нижняя квартиль – 55 лет, верхняя квартиль – 73 года), тогда как во 2-й группе –  $62,7 \pm 13,5$  лет (медиана 63 года, нижняя квартиль – 51 год, верхняя квартиль – 71 год) ( $p=0,75$ ). В 1-й группе у 12 (80 %) человек была диагностирована ишемическая и у 3 (20 %) – дилатационная кардиомиопатия. Во 2-й группе у 11 (73,3 %) была диагностирована ишемическая и у 4 (26,7 %) – дилатационная кардиомиопатия.

Гипотеза о гауссовском распределении по критериям Колмогорова-Смирнова в форме Лиллиефорса (Lilliefors) и Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk) была отвергнута, поэтому оценка корреляционных связей между парами количественных признаков осуществлялась с использованием непараметрического рангового коэффициента Спирмена. Во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости  $p$  принимался равным 0,05.

### Результаты и обсуждение

При оценке корреляционных связей в первую очередь изучалась взаимная зависимость вращения на апикальном и базальном уровне, а также результирующего скручивания (см. таб. 1). Оказалось, что в 1-й группе (физиологическое вращение) наблюдалась зависимость скручивания от вращения на уровне верхушки и базальных отделов, тогда как взаимная зависимость отсутствовала. Напротив, во 2-й группе (аномальное вращение) результирующее скручивание не зависело от вращения на апикальном и базальном уровне, при этом присутствовала взаимная зависимость вращения апикальных и медиальных отделов.

Следующим этапом была оценка зависимости вращения на апикальном и базальном уровнях, а также результирующего скручивания от основных показателей

Таблица 1

**Корреляционные связи между вращением на уровне базальных отделов, верхушки и итогового скручивания в 1-й группе (физиологическое вращение) и 2-й группе (аномальное вращение)**

| Группа 1 | RotMV              |                    | RotAp              |                    | Torsion            |                    |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|          | Уровень корреляции | Уровень значимости | Уровень корреляции | Уровень значимости | Уровень корреляции | Уровень значимости |
| RotMV    |                    |                    | -0,066152          | 0,822223           | -0,784141          | 0,000901           |
| RotAp    | -0,066152          | 0,822223           |                    |                    | 0,601985           | 0,022737           |
| Torsion  | -0,784141          | 0,000901           | 0,601985           | 0,022737           |                    |                    |
| Группа 2 | RotMV              |                    | RotAp              |                    | Torsion            |                    |
|          | Уровень корреляции | Уровень значимости | Уровень корреляции | Уровень значимости | Уровень корреляции | Уровень значимости |
| RotMV    |                    |                    | 0,830306           | 0,000020           | 0,141969           | 0,574156           |
| RotAp    | 0,830306           | 0,000020           |                    |                    | 0,388803           | 0,110799           |
| Torsion  | 0,141969           | 0,574156           | 0,388803           | 0,110799           |                    |                    |

Примечание: RotAp – циркулярная деформация левого желудочка на уровне верхушки, RotMV – циркулярная деформация левого желудочка на уровне базальных отделов, Torsion – результирующее скручивание левого желудочка.

гемодинамики. Как видно из представленных данных в таблице 2 в группе с физиологическим вращением наблюдались множественные корреляционные связи вращения на апикальном и базальном уровне, а также итогового скручивания с показателями гемодинамики. Была выявлена зависимость от показателей, характе-

ризующих глобальную функцию ЛЖ, в частности ЧСС, фракции выброса ЛЖ и индекса локальной сократимости.

Также была выявлена взаимосвязь с показателями, характеризующими диастолическую функцию – отношение скорости раннего трансмитрального наполне-

Таблица 2

**Корреляционные связи между вращением на уровне базальных отделов, верхушки и итогового скручивания с показателями гемодинамики в 1-й группе (физиологическое вращение) и 2-й группе (аномальное вращение)**

| Группа 1            | RotMV              |                    | RotAp              |                    | Torsion            |                    |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                     | Уровень корреляции | Уровень значимости | Уровень корреляции | Уровень значимости | Уровень корреляции | Уровень значимости |
| ЧСС                 | 0,5318             | 0,034              | 0,690882           | 0,003              | 0,5621             | 0,0234             |
| ФВ ЛЖ               |                    |                    |                    |                    | 0,5456             | 0,0192             |
| ИЛС                 | 0,54               | 0,0207             | 0,472727           | 0,048              |                    |                    |
| $E_{mitr} / Av. e'$ | 0,6383             | 0,0058             |                    |                    |                    |                    |
| SEF                 | 0,678              | 0,022              |                    |                    |                    |                    |
| GSAr                |                    |                    |                    |                    | 0,5178             | 0,04               |
| Группа 2            | RotMV              |                    | RotAp              |                    | Torsion            |                    |
|                     | Уровень корреляции | Уровень значимости | Уровень корреляции | Уровень значимости | Уровень корреляции | Уровень значимости |
| Ar-A                |                    |                    |                    |                    | 0,971              | 0,001              |
| $GS_{mv}$           | 0,762435           | 0,0015             |                    |                    | 0,585903           | 0,0277             |

Примечание: ИЛС – индекс локальной сократимости, ЧСС – частота сердечных сокращений, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка, Ar-A – разница в продолжительности пика Ar (систола предсердий при регистрации потока легочных вен) и пика A трансмитрального потока,  $GS_{mv}$  – циркулярная деформация левого желудочка на уровне базальных отделов,  $E_{mitr} / Av. e'$  – отношение пиковой ранней диастолической скорости трансмитрального потока к усредненной пиковой ранней диастолической скорости базальных сегментов левого желудочка в импульсно-волновом тканевом режиме, GSAr – циркулярная деформация на уровне верхушки левого желудочка, SEF – фракция систолического потока легочных вен в наполнении левого предсердия, RotAp – циркулярная деформация левого желудочка на уровне верхушки, RotMV – циркулярная деформация левого желудочка на уровне базальных отделов, Torsion – результирующее скручивание левого желудочка.



ния к усредненной скорости импульсного тканевого доплера в фазу ранней диастолы ( $E_{\text{mitr}} / \text{Av. } e'$ ), а также с систолической фракцией потока легочных вен (SEF). Наконец, была выявлена зависимость результирующего скручивания ЛЖ от циркулярной деформации на апикальном уровне.

С другой стороны, в группе с аномальным вращением корреляционные связи вращения и скручивания были крайне скудными. Зависимость от диастолической функции была продемонстрирована корреляцией итогового скручивания с разницей в продолжительности предсердного пика  $A_g$  потока легочных вен и пика  $A$  трансмитрального потока ( $A_g - A$ ). Кроме того, в этой группе обращает на себя внимание зависимость итогового скручивания от циркулярной деформации, но уже на базальном уровне.

Скручивание ЛЖ имеет неоспоримое физиологическое значение для нормального обеспечения систолической и диастолической функции сердца [3]. Этот процесс может быть подвержен негативному влиянию различных заболеваний, в том числе и нарушения проведения по ЛЖ [1, 5, 11]. Как один из наиболее неблагоприятных с точки зрения физиологии сценариев систолического движения ЛЖ, описано, так называемое, однонаправленное («ригидное») движение верхушки и базальных отделов, которые в физиологических условиях должны вращаться в противоположных направлениях [11, 12]. В этой связи представляется интересным определение взаимных зависимостей вращения на апикальном и базальном уровнях и результирующего скручивания. Анализ этого процесса показал, что в группе с физиологическим (разнонаправленным) вращением верхушки и основания наблюдалась зависимость итогового скручивания от этих ротаций, что представляется вполне закономерным, поскольку в нормальных условиях этот параметр является результатом алгебраической суммы этих показателей. В группе с аномальным (однонаправленным) вращением такой зависимости не наблюдалось, что вероятно также является закономерным, однако присутствовала взаимная зависимость вращений на апикальном и базальном уровне. В этой связи представляется интересным зависимость вращений и скручивания от деформационных свойств миокарда в изучаемых группах.

Принято считать, что в норме сократительная способность ЛЖ в значительной степени зависит от вращения на апикальном уровне. Поэтому, при развитии кардиопатий изменения в сократимости и вращении в наибольшей степени затрагивают именно апикальные отделы, а уменьшение результирующего скручивания ЛЖ происходит, главным образом, из-за снижения апикального вращения [13]. Неудивительно, что в ис-

следованиях, проведенном нами, в группе физиологического вращения наблюдалась зависимость скручивания от циркулярной деформации именно на апикальном уровне. С другой стороны, в группе аномального вращения наблюдалась зависимость скручивания уже от циркулярной деформации на базальном уровне. Этот факт подтверждает ранее высказанное предположение о доминирующей роли базальных отделов, когда постепенная инверсия вращения верхушки заканчивается переходом в движение, повторяющее вращение основания ЛЖ [13].

Тесная взаимосвязь вращения и скручивания с диастолической функцией ЛЖ была продемонстрирована в обеих группах. Однако в группе с физиологическим вращением такая связь представляется более сильной, так как наблюдалась по двум параметрам – отношению скорости раннего трансмитрального наполнения к усредненной скорости импульсного тканевого доплера в фазу ранней диастолы ( $E_{\text{mitr}} / \text{Av. } e'$ ) и с систолической фракцией потока легочных вен (SEF). В группе с аномальным вращением была выявлена только одна зависимость скручивания от разницы в продолжительности предсердного пика  $A_g$  потока легочных вен и пика  $A$  трансмитрального потока ( $A_g - A$ ). Все вышперечисленные показатели используются для определения высокого давления наполнения ЛЖ, более того, они зависимы от параметров вращения и скручивания.

Наконец, в группе с физиологическим вращением наблюдалась зависимость вращения и скручивания от показателей, характеризующих глобальную функцию ЛЖ, в частности с фракцией выброса, ЧСС и индексом локальной сократимости, поскольку большинство пациентов, в основе заболевания, имело ишемическую кардиомиопатию.

Как известно, спиральная архитектура миокарда и скручивание облегчает однородное распределение стресса во время сокращения волокон миокарда на стенку ЛЖ. Устранение скручивания может увеличить стресс эндокардиальных волокон и потребление кислорода, что уменьшит эффективность систолической функции ЛЖ. Не просто утолщение или сокращение продольных и циркулярных волокон, а вращательное движение спиральных волокон, является фундаментальным механизмом сокращения ЛЖ, и обеспечивает эффективную его работу вплоть до 40 % ударного объема ЛЖ. Наконец, скручивание, деформируя матрикс миокарда, сохраняет потенциальную энергию сокращения, которая впоследствии используется в качестве диастолической отдачи и облегчает всасывание [14, 15].

Таким образом, слабые связи вращения и скручивания с показателями гемодинамики в группе аномального вращения, вероятно, могут указывать на отсутствие

существенной их взаимной зависимости, а также на то, что эти движения утрачивают значимую физиологическую роль в работе сердца. Возможно, это является свидетельством своеобразной физиологической перестройки в работе ЛЖ и перехода на качественно иной, вероятно, более энергозатратный уровень функционирования сердца.

### Литература

1. Павлюкова ЕН, Кужель ДА, Матюшин ГВ, Савченко ЕА, Филиппова СА. Ротация, скручивание и раскручивание левого желудочка: физиологическая роль и значение в клинической практике. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2015;11(1):68-78.

2. Beladan CC, Calin A, Rosca M, Gingham C, Popescu BA. Left ventricular twist dynamics: principles and applications. *Heart*. 2014;100:731-40. DOI: 10.1136/heartjnl-2012-302064.

3. Sengupta PP, Tajik AJ, Chandrasekaran K, Khandheria BK. Twist Mechanics of the Left Ventricle. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2008;1:366-76. DOI: 10.1016/j.jcmg.2008.02.006.

4. Павлюкова ЕН, Кужель ДА, Матюшин ГВ, Лыткина ВС. Блокада левой ножки пучка Гиса и скручивание левого желудочка при низкой фракции выброса. *Клиническая медицина*. 2015;93(11):15-21.

5. Bertini M, Sengupta P, Nucifora G, Delgado V, Ng A, Marsan N, Shanks M, van Bommel R, Schalij M, Narula J, Bax J. Role of Left Ventricular Twist Mechanics in the Assessment of Cardiac Dyssynchrony in Heart Failure. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2009;2(12):1425-35. DOI: 10.1016/j.jcmg.2009.09.013.

6. Briceno N, Schuster A, Lumley M, Perera Ischaemic cardiomyopathy: pathophysiology, assessment and the role of revascularization. *Heart*. 2016;102:397-406. DOI: 10.1136/heartjnl-2015-308037.

7. Mestroni L, Maisch B, McKenna WJ, Sshwartz K, Charon P, Rocco C, Tesson F, Richter A, Wilke A, Komajda M. Guidelines for the study of familial dilated cardiomyopathies. Collaborative Research Group of the European Human and Capital Mobility Project on Familial Dilated Cardiomyopathy. *European Heart Journal*. 1999;20:93-102. DOI: org/10.1053/euhj.1998.1145

8. Lang R, Badano L, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, Flachskampf F, Foster E, Goldstein S, Kuznetsova T, Lancellotti P, Muraru D, Picard M, Rietzschel E, Rudski L, Spencer K, Tsang W, Voigt J. Recommendations for Cardiac Chamber quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2015;28:1-39. DOI: 10.1016/j.echo.2014.10.003.

9. Helle-Valle T, Crosby J, Edvardsen T, Lysseggen E,

Amundsen BH, Smith HJ, Rosen BD, Lima JA, Torp H, Ihlen H, Smiseth OA. New noninvasive method for assessment of left ventricular rotation: speckle tracking echocardiography. *Circulation*. 2005;112:3149-56. DOI: 10.1161/circulationaha.104.531558.

10. Nagueh SF, Smiseth OF, Appleton CP, Byrdn BF, Dokainish H, Edvardsen T, Flachskampf FA, Gillebert TC, Klein AL, Lancellotti P, Marino P, Oh JK, Popescu BA, Waggoner AD. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2016;29:277-314. DOI:10.1016/j.echo.2016.01.011.

11. Karaahmet T, Gürel E, Tigen K, Guler A, Dundar C, Fotbolcu H, Basaran Y. The effect of myocardial fibrosis on left ventricular torsion and twist in patients with non-ischemic dilated cardiomyopathy. *Cardiology Journal*. 2013;20(3):276-86. DOI: 10.5603/cj.2013.0073.

12. van Dalen BM, Caliskan K, Soliman OI, Nemes A, Vietter WB, Ten Cate FJ, Geleijnse ML. Left ventricular solid body rotation in non-compaction cardiomyopathy: a potential new objective and quantitative functional diagnostic criterion? *European Journal Heart Failure*. 2008;10(11):1088-93. DOI: 10.1016/j.ejheart.2008.08.006.

13. Setser RM, Kasper JM, Lieber ML, Starling RC, McCarthy PM, White RD. Persistent abnormal left ventricular systolic torsion in dilated cardiomyopathy after partial left ventriculectomy. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2003;126:48-55. DOI: org/10.1016/S0022-5223(03)00050-3.

14. Partridge JB, Smerup MH, Petersen SE. Linking left ventricular function and mural architecture: what does the clinician need to know? 2014;100:1289-1298. DOI: 10.1136/heartjnl-2013-304571.

15. Song J-K. How Does the Left Ventricle Work? Ventricular Rotation as a New Index of Cardiac Performance. *Korean Circulation Journal*. 2009;39:347-351. DOI: 10.4070/kcj.2009.39.9.347.

### References

1. Pavlyukova EN, Kuzhel DA, Matyushin GV, Savchenko EA, Filippova SA. Left ventricular rotation, twist and untwist: physiological role and clinical relevance. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2015;11(1):68-78. (In Russian)

2. Beladan CC, Calin A, Rosca M, Gingham C, Popescu BA. Left ventricular twist dynamics: principles and applications. *Heart*. 2014;100:731-40. DOI: 10.1136/heartjnl-2012-302064.

3. Sengupta PP, Tajik AJ, Chandrasekaran K, Khandheria BK. Twist Mechanics of the Left Ventricle. *JACC:*

- Cardiovascular Imaging*. 2008;1:366-76. DOI: 10.1016/j.jcmg.2008.02.006.
4. Pavlukova EN, Kuzhel DA, Matyushin GV, Lytkina VS. Left His bundle branch block associated with left ventricular torsion and reduced ejection fraction. *Klinicheskaya Meditsina* (Mosk). 2015;93(11):15-21. (In Russian)
5. Bertini M, Sengupta P, Nucifora G, Delgado V, Ng A, Marsan N, Shanks M, van Bommel R, Schalij M, Narula J, Bax J. Role of Left Ventricular Twist Mechanics in the Assessment of Cardiac Dyssynchrony in Heart Failure. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2009;2(12):1425-35. DOI: 10.1016/j.jcmg.2009.09.013.
6. Briceno N, Schuster A, Lumley M, Perera Ischaemic cardiomyopathy: pathophysiology, assessment and the role of revascularization. *Heart*. 2016;102:397-406. DOI: 10.1136/heartjnl-2015-308037.
7. Mestroni L, Maisch B, McKenna WJ, Sshwartz K, Charon P, Rocco C, Tesson F, Richter A, Wilke A, Komajda M. Guidelines for the study of familial dilated cardiomyopathies. Collaborative Research Group of the European Human and Capital Mobility Project on Familial Dilated Cardiomyopathy. *European Heart Journal*. 1999;20:93-102. DOI: org/10.1053/euhj.1998.1145.
8. Lang R, Badano L, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, Flachskampf F, Foster E, Goldstein S, Kuznetsova T, Lancellotti P, Muraru D, Picard M, Rietzschel E, Rudski L, Spencer K, Tsang W, Voigt J. Recommendations for Cardiac Chamber quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2015;28:1-39. DOI: 10.1016/j.echo.2014.10.003.
9. Helle-Valle T, Crosby J, Edvardsen T, Lysseggen E, Amundsen BH, Smith HJ, Rosen BD, Lima JA, Torp H, Ihlen H, Smiseth OA. New noninvasive method for assessment of left ventricular rotation: speckle tracking echocardiography. *Circulation*. 2005;112:3149-56. DOI: 10.1161/circulationaha.104.531558.
10. Nagueh SF, Smiseth OF, Appleton CP, Byrdn BF, Dokainish H, Edvardsen T, Flachskampf FA, Gillebert TC, Klein AL, Lancellotti P, Marino P, Oh JK, Popescu BA, Waggoner AD. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2016;29:277-314. DOI:10.1016/j.echo.2016.01.011.
11. Karaahmet T, Gürel E, Tigen K, Guler A, Dunder C, Fotbolcu H, Basaran Y. The effect of myocardial fibrosis on left ventricular torsion and twist in patients with non-ischemic dilated cardiomyopathy. *Cardiology Journal*. 2013;20(3):276-86. DOI: 10.5603/cj.2013.0073.
12. van Dalen BM, Caliskan K, Soliman OI, Nemes A, Vietter WB, Ten Cate FJ, Geleijnse ML. Left ventricular solid body rotation in non-compaction cardiomyopathy: a potential new objective and quantitative functional diagnostic criterion? *European Journal Heart Failure*. 2008;10(11):1088-93. DOI: 10.1016/j.ejheart.2008.08.006.
13. Setser RM, Kasper JM, Lieber ML, Starling RC, McCarthy PM, White RD. Persistent abnormal left ventricular systolic torsion in dilated cardiomyopathy after partial left ventriculectomy. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2003;126:48-55. DOI: org/10.1016/S0022-5223(03)00050-3.
14. Partridge JB, Smerup MH, Petersen SE. Linking left ventricular function and mural architecture: what does the clinician need to know? 2014;100:1289-1298. DOI: 10.1136/heartjnl-2013-304571.
15. Song J-K. How Does the Left Ventricle Work? Ventricular Rotation as a New Index of Cardiac Performance. *Korean Circulation Journal*. 2009;39:347-351. DOI: 10.4070/kcj.2009.39.9.347.

### Сведения об авторах

Павлюкова Елена Николаевна, Научно-исследовательский институт кардиологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук; адрес: Российская Федерация, 634012, г. Томск, ул. Киевская, д. 111а; e-mail: pavlyukovaelena@yandex.ru

Кужель Дмитрий Анатольевич, Красноярский государственный медицинский институт имени профессора В.Ф.Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1 Красноярская краевая больница №2; адрес: Российская Федерация, 660049, г. Красноярск, ул. Карла Маркса, д. 43; тел.: +7(391)2026772; e-mail: dakushel@yandex.ru

Матюшин Геннадий Васильевич, Красноярский государственный медицинский институт имени профессора В.Ф.Войно-Ясенецкого; адрес: Российская Федерация, 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1; тел.: +7(391)2201550; e-mail: matyushin1@yandex.ru

Яковлев Евгений Иосифович, Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнёва; адрес: Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, ул. Красноярский рабочий, д. 31; тел.: +7(391)2919119; e-mail: yei@nm.ru

Новоселов Олег Вадимович, Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнёва; адрес: Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, ул. Красноярский рабочий, д. 31; тел.: +7(391)2919119; e-mail: novoselov\_oleg\_v@mail.ru

### Information about the authors

Pavlyukova Elena N., Scientific-Research Institute of Cardiology Federal state budgetary scientific institution Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences; Address: 111a, Kievskaya str., Tomsk, Russian Federation, 634012; e-mail:pavlyukovaelena@yandex.ru

Kuzhel Dmitry A., Professor V. F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University; Address: 1, Partizan Zheleznyak str., Krasnoyarsk, Address: 43, Karl Marx str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660049; Phone:+7(391)2026772, e-mail: dakushel@yandex.ru.

Matyushin Gennady V., Professor V. F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University; Address: 1, Partizan Zheleznyak str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660022; Phone: +7(391)2201550; e-mail: matyushin1@yandex.ru

Yakovlev Evgeny I., Reshetnev Siberian State University of Science and Technology; Address: Krasnoyarsky Rabochy Av., 31, Krasnoyarsk, Russian Federation 660037; Phone: +7(391)2919119; e-mail: yei@nm.ru

Novoselov Oleg V., Reshetnev Siberian State University of Science and Technology; Address: Krasnoyarsky Rabochy Av., 31, Krasnoyarsk, Russian Federation 660037; Phone: +7(391)2919119; e-mail: novoselov\_oleg\_v@mail.ru

Поступила 03.07.2017 г.

Принята к печати 13.09.2017 г.