

# Легочно-сердечная гемодинамика у больных при обширных оперативных вмешательствах на легких по данным эходоплеркардиографии

О.Н. Титова<sup>1</sup>, Н.А. Кузубова<sup>1</sup>, А.Л. Александров<sup>1</sup>, В.Е. Перлей<sup>1</sup>, А.Ю. Гичкин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт пульмонологии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт хирургии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова

## Pulmonary-cardiac hemodynamics in patients with major surgical interventions on the lungs according to the data of doppler echocardiography

O. Titova<sup>1</sup>, N. Kuzubova<sup>1</sup>, A. Aleksandrov<sup>1</sup>, V. Perley<sup>1</sup>, A. Gichkin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Pulmonology at Pavlov First St. Petersburg State Medical University

<sup>2</sup>Research Institute of Surgery at Pavlov First St. Petersburg State Medical University

© Коллектив авторов, 2022 г.

### Резюме

**Введение.** Выбор оптимального объема вмешательств при обширных операциях на легких, включающих реконструктивно-пластические операции, комбинированные пневмонэктомии, зависит, в том числе, от степени снижения функциональных резервов сердечно-сосудистой системы. **Цель исследования:** оценка функционального состояния правых отделов сердца, динамики величины систолического давления в легочной артерии до и после обширных оперативных вмешательств на легких. **Материалы и методы исследования.** В исследование включены 32 пациента в возрасте от 41 до 74 лет (29 мужчин и 3 женщины), перенесших пневмонэктомию с циркулярной резекцией бифуркации трахеи и различные виды комбинированных пневмонэктомий. Контрольную группу составили 37 практически здоровых лиц в возрасте от 23 до 59 лет (17 мужчин и 20 женщин). Для изучения параметров малого круга кровообращения применяли метод доплерэхокардиографии (до и на 3–5-е сутки после операции). **Результаты и их обсуждение.**

В качестве возможных альтернативных показателей, характеризующих состояние насосной функции правого желудочка (ПЖ), можно рекомендовать использование фракции систолического укорочения (ФСУ) ПЖ, амплитуду движения кольца трикуспидального клапана и конечнодиастолический размер ПЖ. Снижение ФСУ ПЖ ниже 0,2, амплитуды движения кольца трикуспидального клапана менее 1,6 см и дилатация ПЖ свыше 3,5 см в диастолу могут свидетельствовать о выраженном уменьшении сократительной функции ПЖ. **Заключение.** У больных с исходно нарушенной гемодинамикой функциональные изменения после оперативных вмешательств были более выражены. Определены границы сдвига основных ультразвуковых показателей функции правого желудочка для формирования группы повышенного прогностического риска.

**Ключевые слова:** легочно-сердечная гемодинамика, вторичная легочная гипертензия, функциональное состояние правого желудочка сердца, эхокардио-

графическое обследование, обширные оперативные вмешательства на легких

## Resume

**Introduction.** The choice of the optimal scope of interventions for major operations on the lungs, including reconstructive plastic surgery, combined pneumonectomy, depends, among other things, on the degree of decrease in the functional reserves of the cardiovascular system. The study **aims** the evaluation of the functional state of the right ventricle (RV) of the heart, the level of secondary pulmonary hypertension before and after major surgical interventions on the lungs. **Materials and methods.** The study included 32 patients aged 41 to 74 years (29 men and 3 women) who underwent pneumonectomy with circular resection of the tracheal bifurcation and various types of combined pneumonectomy. The control group consisted of 37 practically healthy individuals aged 23 to 59 years (17 men and 20 women). Doppler echocardiography was used to study the parameters of the pulmo-

nary circulation (before and 3–5 days after the operation). **Results.** As possible alternative indicators characterizing the state of the pumping function of the RV, it is possible to recommend the use of the systolic shortening fraction (SSF) of the RV, the amplitude of movement of the tricuspid valve ring and the end-diastolic size of the RV. Decreased SSF of the RV below 0,2, amplitude of movement of the tricuspid valve ring less than 1,6 cm, and dilatation of the RV over 3.5 cm in diastole may indicate a pronounced decrease in the contractile function of the RV. **Conclusion.** In patients with initially impaired hemodynamics, functional changes after surgical interventions were more pronounced. The boundaries of the shift of the main ultrasound parameters of the right ventricular function were determined to form a group of increased prognostic risk.

**Key words:** pulmonary-cardiac hemodynamics, secondary pulmonary hypertension, functional state of the right ventricle of the heart, echocardiographic examination, extensive lung surgery

## Введение

Обширные оперативные вмешательства на легких, такие как реконструктивно-пластические, комбинированные пневмонэктомии, до сих пор считаются сложной проблемой. Тем не менее развитие медицинских технологий дало возможность с успехом выполнять указанные оперативные вмешательства. В то же время коморбидная патология со стороны сердечно-сосудистой системы, истощение функциональных резервов могут привести к значительному ухудшению состояния больного, вплоть до отказа от оперативного лечения [1, 2].

Расширенные и комбинированные операции на легких в 35–40% случаев сопровождаются осложнениями, в 10% — летальными исходами, а при сниженных функциональных резервах летальность значительно возрастает [3, 4].

Наиболее частым сопутствующим заболеванием у пациентов бронхогенным раком является хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), которая ведет к прогрессирующей легочно-сердечной недостаточности, ограничивающей возможности удаления легочной ткани в оптимальном объеме [5, 6].

Очевидно, что ведущую роль в компенсаторной деятельности малого круга кровообращения (МКК) в ответ на резкое уменьшение сосудистой емкости легких играют правый желудочек сердца, а также сокращенное легочное сосудистое русло, вынужденное перераспределять весь объем циркулирующей крови.

При планировании обширных оперативных вмешательств на легких обязательно принимали во вни-

мание уровень снижения функциональных резервов сосудистого русла МКК, связанного с предстоящей редуцией легочной ткани.

## Цель исследования

Целью исследования была оценка функционального состояния правых отделов сердца, динамики величины систолического давления в легочной артерии до и после обширных оперативных вмешательств на легких.

## Материалы и методы исследования

Были обследованы 32 пациента в возрасте от 41 до 74 лет (29 мужчин и 3 женщины), перенесших пневмонэктомию с циркулярной резекцией бифуркации трахеи и различные виды комбинированных пневмонэктомий. Частота нарушения сердечного ритма в среднем по группе составила 5%. Всем больным на этапе предоперационного обследования и на 3–5-е сутки после операции была выполнена эходоплеркардиография (ЭхоДКГ).

Эходоплеркардиографическое исследование легочно-сердечной гемодинамики проводили в положении лежа на левом боку при спонтанном дыхании из парастернального, апикального и субкостального акустических доступов на ультразвуковой диагностической системе VIVID 7 Dimension (GE, США) с использованием матричного датчика, несущая частота 4 МГц.

При эхокардиографии (ЭхоКГ) в одно- и двухмерном режиме рассчитывали следующие показатели,

## Показатели функции правых отделов сердца и легочной гемодинамики у больных хирургической патологией легких в 1-й группе (M±m)

Показатели гемодинамики	Контрольная группа (n=37)	1-я группа (n=16)	
		до операции	после операции
ФИ ПЖ	58±1,9	55±1,4	53±1,7
СДЛА, мм рт.ст.	23,7±1,04	25,9±1,50	27,8±1,93*
КДР ПЖ, см	2,52±0,087	2,59±0,059	2,71±0,119
ТМ ПСПЖд, см	0,26±0,011	0,29±0,018	0,31±0,024
ССМ ПЖ, см·с <sup>-1</sup>	35,5±1,24	38,6±1,98	42,5±3,12
СРМ ПЖ, см·с <sup>-1</sup>	42,9±1,73	45,1±1,84	52,7±3,49*
ФСУт ПСПЖ	0,58±0,034	0,64±0,036	0,62±0,098
АТК, с	2,1±0,09	2,3±0,13	1,9±0,10
Е ПЖ, м·с <sup>-1</sup>	0,58±0,027	0,49±0,015*	0,45±0,013*
А ПЖ, м·с <sup>-1</sup>	0,35±0,019	0,34±0,014	0,36±0,018
Е/А	1,65±0,045	1,43±0,068*	1,28±0,135*
ФСУ ПП	0,24±0,011	0,21±0,012	0,20±0,015

\* Достоверность различий (p<0,01) с контрольной группой.

характеризующие функциональное состояние правых отделов сердца: конечносистолический и конечнодиастолический размеры ПЖ (КСР и КДР ПЖ), толщину миокарда передней стенки ПЖ в систолу и диастолу (ТМ ПСПЖс и ТМ ПСПЖд), скорости сокращения и расслабления миокарда ПЖ (ССМ ПЖ и СРМ ПЖ), фракцию систолического утолщения миокарда ПСПЖ (ФСУт ПСПЖ), фракцию систолического уменьшения площади правого предсердия (ФСУ ПП), систолическое давление в легочной артерии (СДЛА) по градиенту трикуспидальной регургитации.

Для определения систолической функции ПЖ рассчитывали фракцию изгнания ПЖ (ФИ ПЖ) и амплитуду движения кольца трикуспидального клапана (АТК).

Определение объемов ПЖ проводилось по методу, предложенному R. Levine и соавт. (1984), с использованием двух ортогональных плоскостей сечения ПЖ из апикального и субкостального доступов [7].

КСО ПЖ и КДО ПЖ рассчитывались с использованием формулы «объем — длина»:  $V = 2/3 (S_{\text{Ап.}} \times L_{\text{СК.}})$ , где  $V$  — объем ПЖ в мл,  $S_{\text{Ап.}}$  — площадь ПЖ из апикального четырехкамерного доступа в см<sup>2</sup>,  $L_{\text{СК.}}$  — длина ПЖ из субкостального доступа в проекции выносящего тракта ПЖ от передней стенки ПЖ до плоскости клапана ЛА в см. Исходя из полученных данных рассчитывали по общепринятым формулам УО ПЖ и ФИ ПЖ.

При оценке диастолической функции ПЖ по спектрограммам транстрикуспидального кровотока рассчитывали следующие ДКГ-показатели: максимальную скорость кровотока в фазу раннего диастолического

наполнения ПЖ (Е), максимальную скорость кровотока в фазу позднего диастолического наполнения ПЖ (А), отношение максимальных скоростей (Е/А), время замедления (Тзам.) кровотока в раннюю диастолу.

Использовались следующие режимы работы аппарата: М-режим, анатомический М-режим, В-режим, доплеровский импульсный и постоянно-волновой режимы, режим тканевого доплеровского анализа и режим цветового картирования внутрисердечного кровотока.

Контрольную группу при проведении ультразвукового исследования сердца составили 37 практически здоровых лиц в возрасте от 23 до 59 лет (средний возраст 49,3±1,7 года), из них 17 мужчин и 20 женщин. Всем обследованным для исключения нарушений со стороны сердечно-сосудистой и дыхательной систем были проведены электрокардиография, рентгенография грудной клетки, определение функции внешнего дыхания.

Статистическая обработка материала выполнялась стандартными методами с помощью пакета Statistica for Windows 6.0. Различия считали статистически значимыми при p<0,05. Определялись средние величины и их ошибки, относительная частота распределения физиологических показателей, достоверность разности средних величин, коэффициенты корреляции и регрессии.

Ультразвуковое исследование сердца выполнялось всем больным в период предоперационного обследования и на 3–5-е сутки после проведенной

Таблица 2

Показатели функции правых отделов сердца и легочной гемодинамики у больных хирургической патологией легких во 2-й группе ( $M \pm m$ )

Показатели гемодинамики	Контрольная группа (n=37)	2-я группа (n=16)	
		до операции	после операции
ФИ ПЖ	58±1,9	42±1,2*	31±1,8*†
СДЛА, мм рт.ст.	23,7±1,04	45,9±2,38*	53,8±3,85*†
КДР ПЖ, см	2,52±0,087	3,62±0,079*	4,35±0,119*†
ТМ ПСПЖд, см	0,26±0,011	0,59±0,043*	0,63±0,061*†
ССМ ПЖ, см·с <sup>-1</sup>	35,5±1,24	23,6±1,98*	15,5±1,12*†
СРМ ПЖ, см·с <sup>-1</sup>	40,9±1,73	27,1±1,14*	19,7±1,49*†
ФСУт ПСПЖ	0,58±0,034	0,41±0,016*	0,32±0,036*†
ФСУк ПЖ	0,27±0,021	0,17±0,015*	0,11±0,014*
АТК, см	2,1±0,09	1,5±0,12*	1,1±0,09*†
Е ПЖ, м·с <sup>-1</sup>	0,58±0,027	0,36±0,035*	0,30±0,019*
А ПЖ, м·с <sup>-1</sup>	0,35±0,019	0,44±0,059*	0,45±0,036*
Е/А	1,65±0,045	1,01±0,18*	0,80±0,14*†
ФСУ ПП	0,24±0,011	0,47±0,015*	0,35±0,016†

\* Достоверность различий ( $p < 0,01$ ) с контрольной группой; † достоверность различий ( $p < 0,01$ ) до и после операции.

операции на легких. По результатам эхокардиографического обследования все больные были разделены на две группы: с исходно нормальными основными эходоплеркардиографическими показателями функции правых отделов сердца (1-я группа) и с измененными значениями (2-я группа). В качестве основных ультразвуковых показателей правожелудочковой функции были выделены следующие: величина СДЛА (в норме — менее 30 мм рт.ст.), КДР ПЖ (в норме — менее 3,0 см) и ФИ ПЖ (в норме — более 45%).

## Результаты исследования

Как следует из табл. 1, у больных с нормальными предоперационными основными показателями функции правых отделов сердца (1-я группа) большинство оцениваемых параметров на 3–5-е сутки после операции не отличалось достоверно от предоперационных значений, а некоторые — и от величин контрольной группы. Так, СДЛА в 1-й группе больных составило до операции 25,9±1,50 мм рт.ст., после операции — 27,8±1,93 мм рт.ст., а в контрольной группе — 23,7±1,04 мм рт.ст. После операции отмечалась тенденция к повышению СДЛА, однако его значения не превышали верхней границы нормы (30 мм рт.ст.).

Гипертрофия ПЖ у больных 1-й группы не отмечалась, ТМ ПСПЖд не превышала нормальных значений, составив 0,29±0,018 см до операции,

0,31±0,024 см — после оперативного вмешательства против 0,26±0,011 см в контрольной группе ( $p > 0,01$ ).

Фракционные и скоростные показатели миокарда ПЖ проявляли у больных 1-й группы статистически недостоверную ( $p > 0,01$ ) тенденцию к увеличению. Так, ФСУт ПСПЖ у больных 1-й группы до операции составила 0,64±0,036, после — 0,62±0,098 против 0,58±0,034 в группе контроля. И только СРМ ПЖ в раннем послеоперационном периоде статистически достоверно возросла по отношению к контролю — 52,7±3,49 см·с<sup>-1</sup> против 42,9±1,73 см·с<sup>-1</sup> соответственно ( $p < 0,01$ ).

КДР ПЖ в данной группе больных после операции статистически достоверно не отличался от показателя контрольной группы — 2,71±0,119 см против 2,52±0,087 см ( $p > 0,01$ ). ФИ ПЖ и ФСУк ПЖ и АТК у больных в 1-й группе в послеоперационном периоде статистически достоверно не отличались от показателей контрольной группы ( $p > 0,01$ ), равняясь 53±1,7% по сравнению с 58±1,9%, 0,23±0,025 против 0,27±0,021 и 1,9±0,10 против 2,1±0,09 см соответственно.

Было установлено, что у больных 1-й группы отмечалось достоверное понижение максимальной скорости кровотока в фазу быстрого наполнения ПЖ по сравнению с контрольной группой как до, так и после операции: величина Е составила соответственно 0,49±0,015 м·с<sup>-1</sup> и 0,45±0,013 м·с<sup>-1</sup> против 0,58±0,027 м·с<sup>-1</sup> ( $p < 0,01$ ). Напротив, максимальная скорость кровотока в фазу позднего наполнения ПЖ (А) не отличалась от показателя контроля: 0,34±0,014 м·с<sup>-1</sup>; 0,36±0,018 м·с<sup>-1</sup>

и  $0,35 \pm 0,019$  м·с<sup>-1</sup> соответственно ( $p > 0,01$ ). Соотношение скоростей Е/А оказалось в 1-й группе достоверно пониженным по отношению к нормальному значению — до операции  $1,43 \pm 0,068$ ; после —  $1,28 \pm 0,135$  против  $1,65 \pm 0,045$  в контроле ( $p < 0,01$ ).

Напротив, во 2-й группе больных с исходно измененными основными показателями правожелудочковой функции в ближайшем послеоперационном периоде отмечали статистически достоверное ухудшение показателей как по отношению к контрольной группе, так и сравнительно с предоперационными значениями (табл. 2). Так, СДЛА во 2-й группе больных достигало перед операцией  $45,9 \pm 2,38$  мм рт.ст., после —  $53,8 \pm 3,85$  мм рт.ст. по сравнению с  $23,7 \pm 1,04$  мм рт.ст. ( $p < 0,01$ ).

У больных 2-й группы отмечалась гипертрофия миокарда ПЖ: ТМ ПСПЖд была достоверно увеличена по отношению к контрольной группе в среднем до  $0,59 \pm 0,043$  см до операции и до  $0,63 \pm 0,061$  см — после при  $0,26 \pm 0,011$  в контроле ( $p < 0,01$ ).

Все фракционные и скоростные показатели миокарда ПЖ во 2-й группе оказались достоверно снижены как по отношению к группе контроля, так и внутри группы. Так, ССМ ПЖ до операции составила  $23,6 \pm 1,98$  см·с<sup>-1</sup>, после операции —  $15,5 \pm 1,12$  см·с<sup>-1</sup> ( $p < 0,01$ ), а в контрольной группе —  $35,5 \pm 1,24$  см·с<sup>-1</sup> ( $p < 0,01$ ), СРМ ПЖ равнялась  $27,1 \pm 1,14$  см·с<sup>-1</sup>,  $19,7 \pm 1,49$  см·с<sup>-1</sup> и  $40,9 \pm 1,73$  см·с<sup>-1</sup> соответственно. ФСУт ПСПЖ также была снижена во 2-й группе до и после операции ( $0,41 \pm 0,016$  и  $0,32 \pm 0,036$ ) по отношению к контрольным значениям —  $0,58 \pm 0,034$  ( $p < 0,01$ ).

Следует отметить, что у больных 2-й группы наблюдалось отчетливое снижение ФИ ПЖ перед операцией —  $42 \pm 1,2\%$  и, особенно, после нее —  $31 \pm 1,8\%$  при  $58 \pm 1,9\%$  в контроле ( $p < 0,01$ ). ФСУк ПЖ у больных во 2-й группе в послеоперационном периоде оказалась статистически достоверно ниже, чем до операции и в группе контроля, составив  $0,11 \pm 0,014$ ,  $0,17 \pm 0,015$  и  $0,27 \pm 0,021$  соответственно. Также и АТК у больных во 2-й группе в послеоперационном периоде оказалась статистически достоверно ниже, чем до операции и в группе контроля, составив  $1,1 \pm 0,09$ ,  $1,5 \pm 0,12$  и  $2,1 \pm 0,09$  см соответственно.

Во 2-й группе больных скорость кровотока в фазу раннего наполнения ПЖ (Е) была достоверно ниже по отношению к контрольному значению как до, так и после операции, составив  $0,36 \pm 0,035$  м·с<sup>-1</sup>,  $0,30 \pm 0,019$  м·с<sup>-1</sup> и  $0,58 \pm 0,027$  м·с<sup>-1</sup> соответственно ( $p < 0,01$ ), а в фазу позднего наполнения — недостоверно повышалась до  $0,44 \pm 0,059$  м·с<sup>-1</sup>,  $0,45 \pm 0,036$  м·с<sup>-1</sup> и  $0,35 \pm 0,019$  м·с<sup>-1</sup> соответственно ( $p > 0,01$ ). Соотношение скоростей Е/А до и после операции оказалось существенно снижено по сравнению с нормальной величиной — до  $1,01 \pm 0,078$  и  $0,80 \pm 0,096$  против  $1,65 \pm 0,045$  ( $p < 0,01$ ).

Во 2-й группе больных показатель функции ПП — ФСУ ПП в дооперационном периоде оказался существенно выше, чем в группе контроля, составив  $0,47 \pm 0,015$  против  $0,24 \pm 0,011$  ( $p < 0,01$ ). Статистически достоверных отличий после операции ( $0,35 \pm 0,016$ ) по отношению к контрольной группе обнаружено не было ( $p > 0,01$ ).

## Обсуждение результатов

До настоящего времени не разработаны достаточно надежные критерии диагностики начальных стадий развития недостаточности кровообращения по правожелудочковому типу у больных с патологией легких.

Проведенное исследование показало, что ультразвуковые методы исследования позволяют с достаточной точностью оценивать систолическую и диастолическую функцию правых отделов сердца и могут выявлять ранние нарушения легочно-сердечной гемодинамики до развития клинических симптомов недостаточности ПЖ.

Следует подчеркнуть, что при изучении функции правых отделов сердца у больных хроническими заболеваниями легких (ХЗЛ) без клинических признаков недостаточности ПЖ с нормальным уровнем давления в МКК были выявлены изменения со стороны некоторых показателей диастолической функции миокарда ПЖ в предоперационном периоде. Из показателей диастолической функции ПЖ у больных без клинических признаков недостаточности ПЖ и с нормальным давлением в ЛА изменения прежде всего выразились в уменьшении соотношения пиковых скоростей диастолического наполнения желудочка Е/А.

Таким образом, процесс расслабления миокарда подвержен большей уязвимости при неблагоприятных условиях, чем систола [8–12].

У больных хирургической патологией легких с признаками ЛГ и правожелудочковой недостаточности изменения со стороны как систолической, так и диастолической функции ПЖ были более выраженными. Характерным для них оказалось достоверное снижение ФИ ПЖ, фракции систолического укорочения ПЖ, амплитуды движения кольца трикуспидального клапана, скоростных и фракционных показателей миокарда ПЖ.

Показатели диастолической функции ПЖ у больных 2-й группы были нарушены в большей степени преимущественно за счет выраженного снижения скорости диастолического кровотока в фазу раннего наполнения ПЖ (Е) и статистически недостоверной тенденции к повышению скорости позднего диастолического наполнения в фазу активной систолы ПП. Отмеченные нарушения выразились в отчетливом

понижении отношения скоростей Е/А. Напротив, показатели сократительной способности ПП (ФСУ ПП) в данной группе больных в дооперационном периоде оказались достоверно повышены, что могло являться до какой-то степени механизмом компенсации нарушенного наполнения ПЖ [13, 14].

Наиболее выраженные изменения систолической и диастолической функции ПЖ выявили у больных 2-й группы в раннем послеоперационном периоде. Отмечались дальнейший рост давления в ЛА, снижение ФИ, АТК и ФСУк ПЖ, резкое ухудшение скоростных и фракционных показателей миокарда ПЖ.

Прогрессировали также и расстройства диастолической функции ПЖ: отношение пиковых скоростей Е/А диастолического наполнения ПЖ у больных 2-й группы в послеоперационном периоде было резко понижено, несколько ухудшились и показатели функционального состояния ПП.

У больных 1-й группы тоже наблюдались нарушения диастолической функции ПЖ, несмотря на то, что у них отсутствовали клинические признаки недостаточности ПЖ, определен нормальный уровень систолического давления в легочной артерии и не были изменены основные показатели насосной функции и сократительной способности миокарда ПЖ. Обнаруженное уменьшение максимальной скорости раннего диастолического наполнения ПЖ может происходить по нескольким причинам. Главной из них является изменение эластических свойств миокарда, приводящее к замедлению снижения давления в ПЖ. В результате этого давление в ПЖ, в начале и середине диастолы, может оставаться повышенным, вызывая тем самым снижение градиента давлений между предсердием и желудочком, что приводит, в конечном счете, к уменьшению раннего диастолического наполнения ПЖ. В связи с этим большая часть объема крови наполнения ПЖ начинает приходиться на позднюю диастолу, неизбежно вызывая ускорение кровотока в фазу систолы предсердий. Кроме того, у больных ХЗЛ при этом увеличивается продолжительность и снижается скорость замедления кровотока в раннюю диастолу.

Фаза пассивного наполнения желудочка зависит от эластичности миокарда (жесткости и растяжимости) и определяется отношением амплитуд пиковых скоростей диастолического наполнения Е/А. В то время как фаза активного расслабления, в период раннего диастолического наполнения происходит за счет присасывающего действия миокарда желудочка [15–18].

Увеличение жесткости миокарда у пациентов, которым необходимо выполнять обширные оперативные вмешательства с удалением всего легкого и, как правило, имеющих выраженную коморбидность,

включающую хроническую обструктивную болезнь легких, эмфизему легких, нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы, даже при отсутствии клинических признаков недостаточности ПЖ и ЛГ, в значительной степени обусловлено воздействием на миокард таких неблагоприятных факторов, как хроническая гипоксемия, гиперкапния, ацидоз, а также длительная интоксикация, всегда наблюдающиеся у больных с нагноительными процессами и онкологией легких [19, 20].

Существенные нарушения систолической и, в особенности, диастолической функции ПЖ не могут, конечно, не сказываться на состоянии ПП. На основании полученных данных можно предположить, что ПП до какой-то степени способно компенсировать нарушения ПЖ функции. По мере нарастания расстройств диастолической функции ПЖ у больных отмечался рост сократительной активности ПП.

Полученные результаты позволяют выделить несколько наиболее информативных ультразвуковых показателей правожелудочковой функции, на которые следует обратить особое внимание при предоперационном обследовании пациентов, готовящихся к реконструктивным операциям на легких. Это прежде всего значения давления в ПЖ и ЛА, определяемые наиболее точным в настоящее время неинвазивным доплерографическим методом, позволяющие оценить величину постнагрузки на ПЖ. Глобальным параметром, характеризующим состояние насосной функции ПЖ, является величина ФИ ПЖ, и ее определение с помощью ЭхоКГ также позволяет лучше оценить резервные возможности ПЖ перед предстоящим оперативным вмешательством. При определении ФИ ПЖ ультразвуковым методом следует признать гемодинамически значимым ее уменьшение ниже 45%.

К сожалению, следует заметить, что ультразвуковое определение ФИ ПЖ до настоящего времени остается достаточно сложным с технической и методической точки зрения, так как требует проведения нескольких измерений площади и линейных размеров ПЖ во взаимно перпендикулярных плоскостях, что у некоторых пациентов с повышенной эмфизематозностью легочной ткани бывает трудно выполнимым. В качестве возможного альтернативного показателя, характеризующего состояние насосной функции ПЖ, можно рекомендовать использование значительно более легко рассчитываемой фракции систолического укорочения ПЖ (ФСУк ПЖ) и амплитуды движения кольца трикуспидального клапана (АТК). Снижение ФСУк ПЖ ниже 0,2 и амплитуды движения кольца трикуспидального клапана менее 1,6 см может свидетельствовать о выраженном уменьшении насосной функции ПЖ. Другим, с нашей точки зрения, важным ультразвуковым показателем,

характеризующим состояние правожелудочковой функции, является конечнодиастолический размер ПЖ (КДР ПЖ). Статистически достоверное ухудшение большинства показателей ПЖ функции наблюдается у больных с дилатацией ПЖ свыше 3,5 см в диастолу.

Таким образом, на основании предоперационного эхокардиографического обследования пациентов, подготавливаемых к обширным реконструктивным операциям на легких, можно выделить группу больных без исходно зарегистрированных выраженных нарушений правожелудочковой гемодинамики и с прогнозируемым относительно легким послеоперационным периодом с точки зрения адаптации правых отделов сердца и гемодинамических параметров к новым условиям функционирования. С другой стороны, можно выявить группу пациентов с выраженными исходными нарушениями гемодинамики в предоперационном периоде, что может привести к дальнейшему ухудшению показателей в раннем послеоперационном периоде и, более того, декомпенсации правожелудочковой недостаточности. По-видимому, такие больные нуждаются в наиболее тщательной предоперационной подготовке, направленной на стабилизацию функционального состояния МКК и правых отделов сердца и самому строгому подходу к определению объемов предстоящего оперативного вмешательства.

## Заключение

Для ранней диагностики нарушения систолической и диастолической функции правых отделов сердца наибольшую значимость имеют следующие эхо- и доплеркардиографические критерии: снижение фракции изгнания, амплитуды движения кольца трикуспидального клапана и фракции укорочения правого желудочка, уменьшение скоростных показателей миокарда, нарушение соотношения скоростей диастолического наполнения правого желудочка, увеличение фракции систолического укорочения правого предсердия, а также расчетные величины давления в правом желудочке и легочной артерии.

Методы ультразвукового исследования систолической и диастолической функции правых отделов сердца, доплерографического определения давления в легочной артерии рекомендуется включать в комплекс функциональных исследований в предоперационном периоде у больных с различной хирургической патологией легких, подготавливаемых для проведения реконструктивных операций с целью определения функционального состояния правых отделов сердца и малого круга кровообращения.

У больных хирургической патологией легких особое внимание следует уделять выявлению диастолической дисфункции правых отделов сердца как наиболее раннего, доклинического проявления расстройств сердечной гемодинамики.

## Список литературы

1. *Shamji F.M.* Absolute and relative contraindications to pulmonary resection: effect of lung cancer surgery guidelines on medical practice. *Thorac. Surg. Clin.* 2013 May; 23 (2): 247–255. doi: 10.1016/j.thorsurg.2013.01.010, Epub 2013 Feb 23. PMID: 23566976.
2. *Liu H.C., Huang W.C., Wu C.L., Huang J.T., Chen C.H., Chen Y.J.* Surgery for elderly lung cancer. *Ann Thorac. Cardiovasc Surg.* 2013; 19 (6): 416–422. doi: 10.5761/atcs.0a.12.02040, Epub 2013 Feb 28. PMID: 23445805.
3. *Guo X., Wang H., Wei Y.* [Pneumonectomy for Non-small Cell Lung Cancer: Predictors of Operative Mortality and Survival]. *Zhongguo Fei Ai Za Zhi.* 2020 Jul 20; 23 (7): 573–581, Chinese. doi: 10.3779/j.issn.1009-3419.2020.101.06. PMID: 32702791; PMID: PMC7406439.
4. *Rei J., Lareiro S., Fernandes P., Castro P., Costa S.S., Miranda J., Vouga L., Guerra M.* Safety And Risk Factors For The Morbidity And Mortality Of Pneumonectomy: A Retrospective 10-Year Study In A Single Institution. *Rev Port Cir Cardiorac. Vasc.* 2020 Jul-Sep; 27 (3): 203–208. PMID: 33068509.
5. *Roy E., Rheault J., Pigeon M.A., Ugalde P.A., Racine C., Simard S., Chouinard G., Lippens A., Lacasse Y., Maltais F.* Lung cancer resection and postoperative outcomes in COPD: A single-center experience. *Chron. Respir. Dis.* 2020 Jan-Dec; 17: 1479973120925430. doi: 10.1177/1479973120925430, PMID: 32468842; PMID: PMC7263105.
6. *Qin J., Li G., Zhou J.* Characteristics of elderly patients with COPD and newly diagnosed lung cancer, and factors associated with treatment decision. *Int. J. Chron. Obstruct Pulmon Dis.* 2016 Jul 4; 11: 1515–1520. doi: 10.2147/COPD.S104670, PMID: 27445471; PMID: PMC4938239.
7. *Levine R., Gibson T., Aretz T.* Echocardiographic measurement of right ventricular volume. *Circulation* 1984; 69 (1): 497–505.
8. *Thomas L., Marwick T.H., Popescu B.A., Donal E., Badano L.P.* Left Atrial Structure and Function, and Left Ventricular Diastolic Dysfunction: JACC State-of-the-Art Review. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2019 Apr 23; 73 (15): 1961–1977. doi: 10.1016/j.jacc.2019.01.059. PMID: 31000000.
9. *Nagueh S.F.* Diastology: 2020-A practical guide. *Echocardiography* 2020 Nov; 37 (11): 1919–1925. doi: 10.1111/echo.14742. Epub 2020 Jun 1. PMID: 32476157.
10. *Obokata M., Reddy Y.N.V., Borlaug B.A.* Diastolic Dysfunction and Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: Understanding Mechanisms by Using Noninvasive Methods. *JACC Cardiovasc Imaging* 2020 Jan; 13 (1 Pt 2): 245–257. doi: 10.1016/j.jcmg.2018.12.034. Epub 2019 Jun 12. PMID: 31202759; PMID: PMC6899218.
11. *Brett E.F., Kristen E.H., Howard D.W., Kerrie L.M., Kimberly M., James D.C. et al.* Right ventricular diastolic function and exercise

- capacity in COPD. *Respir. Med.* 2015 Oct; 109 (10): 1287–1292. doi: 10.1016/j.rmed.2015.09.003.
12. Fenster B.E., Holm K.E., Weinberger H.D., Moreau K.L., Meschede K., Crapo J.D. et al. Right ventricular diastolic function and exercise capacity in COPD. *Respir. Med.* 2015 Oct; 109 (10): 1287–1292. doi: 10.1016/j.rmed.2015.09.003.
  13. Agoston-Coldea L., Petrovai D., Mihalcea I., Revnic R., Mocan T., Lupu S. Right Atrium Volume Index in Patients with Secondary Pulmonary Hypertension Due to Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Acta Cardiol. Sin.* 2015 Jul; 31 (4): 325–336. doi: 10.6515/acs20150119a. PMID: 27122889; PMCID: PMC4804929.
  14. Cherneva Z.V., Denchev S.V., Cherneva R.V. Echocardiographic predictors of stress induced right ventricular diastolic dysfunction in non-severe chronic obstructive pulmonary disease. *J. Cardiol.* 2020 Aug; 76 (2): 163–170, doi: 10.1016/j.jjcc.2020.02.009. Epub 2020 Mar 17. PMID: 321928.
  15. Silbiger J.J. Pathophysiology and Echocardiographic Diagnosis of Left Ventricular Diastolic Dysfunction. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2019 Feb; 32 (2): 216–232. e2. doi: 10.1016/j.echo.2018.11.011, PMID: 30717860.
  16. Verhoeff K., Mitchell J.R. Cardiopulmonary physiology: why the heart and lungs are inextricably linked. *Adv. Physiol. Educ.* 2017 Sep 1; 41 (3): 348–353. doi: 10.1152/advan.00190.2016. PMID: 28679570,
  17. Cheng S., Li V.W., Cheung Y.F. Systolic and diastolic functional reserve of the subpulmonary and systemic right ventricles as assessed by pharmacologic and exercise stress: A systematic review. *Echocardiography.* 2022 Feb; 39 (2): 310–329. doi: 10.1111/echo.15285. Epub 2022 Jan 7. PMID: 34997638.
  18. Новикова Т.Н., Новиков В.И. Клиническая эхокардиография / Под ред. акад. В.А. Алмазова. СПб, 1995. С. 35–36. [Novikova T.N., Novikov V.I. Klinicheskaja jehokardiografija / Pod red. akad. V.A. Almazova. SPb. 1995. S. 35–36 (In Russ.).
  19. Mocan M., MocanHognogi L.D., Anton F.P., Chiorescu R.M., Goidescu C.M., Stoia M.A., Farcas A.D. Biomarkers of Inflammation in Left Ventricular Diastolic Dysfunction. *Dis. Markers* 2019 Jun 2; 2019: 7583690, doi: 10.1155/2019/7583690.
  20. Kaplan T., Tanındı A., Uğurlu M., Han S., Töre H.F. Akciğer rezeksiyonu sonrası orta vadede kalp ve solunum fonksiyonlarında değişiklikler [Cardiac and respiratory changes in the medium term after lung resection]. *Türk. Kardiyol. Dern. Ars.* 2015 Jul; 43 (5): 434–442. Turkish. doi: 10.5543/tkda.2015.58566. PMID: 26148075.

Поступила в редакцию: 14.03.2022 г.

### Сведения об авторах:

*Титова Ольга Николаевна* — доктор медицинских наук, профессор, директор Научно-исследовательского института пульмонологии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова; 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8; e-mail: titova-on@mail.ru; ORCID 0000-0003-4678-3904;

*Кузубова Наталия Анатольевна* — доктор медицинских наук, заместитель директора Научно-исследовательского института пульмонологии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова по научной работе; 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8; e-mail: kuzubova@mail.ru; ORCID 0000-0002-1166-9717;

*Александров Альберт Леонидович* — доктор медицинских наук, профессор, руководитель отдела Научно-исследовательского института пульмонологии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова; 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8; e-mail: dissovspbgtmu02@mail.ru; ORCID 0000-0002-9246-5256;

*Перлей Виталий Евгеньевич* — доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института пульмонологии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова; 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8; e-mail: viper1956@mail.ru; ORCID 0000-0001-6292-3888;

*Гичкин Алексей Юрьевич* — кандидат медицинских наук, врач функциональной диагностики Научно-исследовательского института хирургии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова; 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8; e-mail: gich59@mail.ru; ORCID 0000-0003-1127-0041.

### Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии потенциальных и явных конфликтов интересов.