

## РЕДАКЦИОННАЯ СТАТЬЯ / EDITORIAL

УДК 616.131

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2021-12-4-7-14>

© Сухова М.Б., Трофимова Т.Н., 2021 г.

**СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ МСКТ-ДИАГНОСТИКИ ОСТРОЙ МАССИВНОЙ ТРОМБОЭМБОЛИИ ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ**<sup>1,2</sup>М. Б. Сухова\*, <sup>3</sup>Т. Н. Трофимова<sup>1</sup>Специализированная клиническая кардиохирургическая больница имени Б. А. Королева, Нижний Новгород, Россия<sup>2</sup>Институт биологии и биомедицины, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия<sup>3</sup>Институт мозга человека имени Н. П. Бехтерева Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

*Введение.* Рост значимости метода МСКТ в случае острой массивной эмболии легочной артерии формирует новые диагностические направления — определение объективных МСКТ-маркеров правожелудочковой дисфункции и поиск новых, ранее не учитываемых, МСКТ-параметров ангиографической тяжести эмболической нагрузки.

*Цель исследования:* оценить прогностическую роль и предиктивность результатов МСКТ-ангиопульмонографии в случае выбора хирургического метода лечения эмболии легочной артерии. Задачи исследования: проанализировать влияние объема сохраненного периферического артериального легочного кровотока на результаты хирургического лечения острой массивной ТЭЛА и зависимость среднего давления в легочной артерии от МСКТ-параметров.

*Материалы и методы.* Настоящая работа рассматривает хирургический подход к лечению и возможностям дооперационной МСКТ-диагностики острой массивной тромбоземболии легочной артерии. 7-летний анализ включил анализ более 1200 МСКТ-исследований по поводу острой массивной тромбоземболии легочной артерии. На хирургическое лечение отобрано и успешно прооперировано 147 пациентов, остальные пациенты получали консервативную терапию с динамическим МСКТ-наблюдением. Согласно международным классификаторам выполнен анализ классов и категорий интраоперационных и послеоперационных осложнений экстренного хирургического лечения в сопоставлении с исходными МСКТ-параметрами острой массивной ТЭЛА.

*Результаты.* Чем меньше количество сегментарных ветвей легочной артерии определяется на дооперационном этапе, тем выше риски летального исхода и осложнений экстренного хирургического лечения острой массивной ТЭЛА ( $p < 0,001$ ). Подтверждена прямая взаимосвязь среднего давления в легочной артерии и МСКТ-параметра — диаметр непарной вены ( $p < 0,001$ ). Увеличению количества визуализированных бронхиальных артерий соответствует увеличение среднего давления в легочной артерии ( $p < 0,05$ ).

*Обсуждение.* Молниеносность течения эмболии легочной артерии диктует исключительный подход к полноте диагностики заболевания, а изменение лечебной тактики за счет возрастающей востребованности хирургических методов лечения, меняет в целом диагностический подход к острой эмболии легочной артерии. Успех хирургического лечения ТЭЛА напрямую зависит от полноты и скорости дооперационной МСКТ-диагностики, в частности от качества анализа внутрилегочной и внутрисердечной гемодинамики.

*Заключение.* Для острой массивной ТЭЛА с обструкцией на уровне ствола и/или главных ветвей легочной артерии, с резким и чаще неконтролируемым прогрессированием правожелудочковой недостаточности стратификация рисков в режиме «реального времени» становится наиболее актуальной, временной фактор приобретает первостепенную значимость для определения тактики лечения. Включение в алгоритм дооперационной диагностики ранее не учитываемых МСКТ-параметров позволяет модифицировать алгоритм дооперационной диагностики, сформировать и ввести понятие опорного МСКТ-статуса пациента с острой массивной ТЭЛА.

**Ключевые слова:** мультиспиральная компьютерная ангиопульмонография, тромбоземболия легочной артерии, давление в легочной артерии, легочная гипертензия, тромбозембоlectомия

\*Контакт: Сухова Марина Борисовна, [skkbnn@gmail.com](mailto:skkbnn@gmail.com)

© Sukhova M.B., Trofimova T.N., 2021

**MODERN ASPECTS OF MSCT DIAGNOSTICS OF ACUTE MASSIVE PULMONARY EMBOLISM**<sup>1,2</sup>Marina B. Sukhova\*, <sup>3</sup>Tatyana N. Trofimova<sup>1</sup>Specialized Cardiosurgical Clinical Hospital name after B. A. Korolev, Nizhny Novgorod, Russia<sup>2</sup>Institute of Biology and Biomedicine, Lobachevsky State University, Nizhny Novgorod, Russia<sup>3</sup>Institute of the Human Brain name after N. P. Bekhtereva of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

*Introduction:* the growing importance of the MSCT method in the case of acute massive pulmonary embolism forms new diagnostic directions — the determination of objective MSCT markers of right ventricular dysfunction and the search for new, previously ignored, MSCT parameters of angiographic severity of embolic load.

*The purpose of the study:* to evaluate the prognostic role and predictivity of the results of MSCT angiopulmonography in the case of choosing a surgical method for the treatment of pulmonary embolism.

*Research objectives.* To analyze the influence of the volume of preserved peripheral arterial pulmonary blood flow on the results of surgical treatment of acute massive PE and the dependence of the average pressure in the pulmonary artery on the MSCT parameters.

*Materials and methods:* this work examines the surgical approach to the treatment and possibilities of preoperative MSCT diagnosis of acute massive pulmonary embolism. The 7-year analysis included the analysis of more than 1,200 MSCT studies for acute massive pulmonary embolism. 147 patients were selected for surgical treatment and successfully operated on, the remaining patients received conservative therapy with dynamic MSCT observation. According to international classifiers, the analysis of classes and categories of intraoperative and postoperative complications of emergency surgical treatment was performed in comparison with the initial MSCT parameters of acute massive PE.

*Results.* The smaller the number of segmental branches of the pulmonary artery is determined at the preoperative stage, the higher the risks of mortality and complications of emergency surgical treatment of acute massive PE ( $p < 0,001$ ). A direct relationship between the average pressure in the pulmonary artery and the MSCT parameter—the diameter of the unpaired vein ( $p < 0,001$ ) was confirmed. An increase in the number of visualized bronchial arteries corresponds to an increase in the average pressure in the pulmonary artery ( $p < 0,05$ ).

*Discussion.* The lightning speed of the course of pulmonary embolism dictates an exceptional approach to the completeness of the diagnosis of the disease, and the change in treatment tactics due to the increasing demand for surgical methods of treatment changes the diagnostic approach to acute pulmonary embolism in general. The success of surgical treatment of PE directly depends on the completeness and speed of preoperative MSCT diagnostics, in particular, on the quality of analysis of intra-pulmonary and intracardiac hemodynamics.

*Conclusion:* For acute massive PE with obstruction at the level of the trunk and / or main branches of the pulmonary artery, with a sharp and often uncontrolled progression of right ventricular failure, risk stratification in «real time» becomes the most relevant, the time factor becomes of paramount importance for determining treatment tactics. The inclusion of previously ignored MSCT parameters in the algorithm of preoperative diagnosis allows us to modify the algorithm of preoperative diagnosis, to form and introduce the concept of the reference MSCT status of a patient with acute massive PE.

**Key words:** multispiral computed angiopulmonography, pulmonary embolism, pulmonary artery pressure, pulmonary hypertension; thrombembolectomy

\*Contact: Sukhova Marina Borisovna, skkbnn@gmail.com

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Сухова М.Б., Трофимова Т.Н. Современные аспекты МСКТ-диагностики острой массивной тромбоэмболии легочной артерии // *Лучевая диагностика и терапия*. 2021. Т. 12, № 4. С. 7–14, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2021-12-4-7-14>.

**Conflict of interests:** the authors declare no conflicts of interest.

**Financing:** the study was not sponsored.

**For citation:** Sukhova M.B., Trofimova T.N. Modern aspects of MSCT diagnostics of acute massive pulmonary embolism // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2021. Vol. 12, No. 4. P. 7–14, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2021-12-4-7-14>.

**Введение.** Тромбоэмболия легочной артерии остается актуальной интернациональной, междисциплинарной медико-социальной проблемой за счет ежегодного увеличения случаев и доли массивной формы ТЭЛА с высокой летальностью [1, с. 46; 2, с. 144].

В современном мире основным методом диагностики ТЭЛА является метод компьютерной томографии, возможности которого постоянно расширяются [3, с. 14; 4, с. 3042].

Рост значимости метода МСКТ в случае острой массивной эмболии легочной артерии формирует новые диагностические направления — определение объективных МСКТ-маркеров правожелудочковой дисфункции и поиск новых, ранее не учитываемых, МСКТ-параметров ангиографической тяжести эмболической нагрузки [5, с. 42; 6, с. 3; 7, с. 4].

Целью изменения диагностической стратегии становится выделение новых лучевых маркеров риска летальности эмболии легочной артерии, а также стратификация рисков и прогнозируемость результатов экстренного хирургического лечения эмболии легочной артерии [6, с. 9; 7, с. 5; 8, с. 443].

Высокий риск и жизнеугрожаемость массивной тромбоэмболии легочной артерии требуют минимизации времени и расширения алгоритма дооперационной диагностики за счет использования всех современных возможностей метода МСКТ.

**Цель исследования:** оценить прогностическую роль и предиктивность результатов МСКТ-ангиопульмографии в случае выбора хирургического метода лечения эмболии легочной артерии.

**Задачи исследования:** проанализировать влияние объема сохраненного периферического артериального легочного кровотока на результаты хирургического лечения острой массивной ТЭЛА и зависимость среднего давления в легочной артерии от МСКТ-параметров.

**Материалы и методы.** Настоящая работа рассматривает хирургический подход к лечению и возможностям дооперационной МСКТ-диагностики эмболии легочной артерии. За восьмилетний период наблюдения с марта 2012 по декабрь 2019 г., подвергнуто анализу более 1200 контрастных МСКТ-процедур по поводу острых эмболий легочной артерии.

На хирургическое лечение отобрано и успешно прооперировано 147 пациентов, остальные пациенты получали консервативную терапию с динамическим МСКТ-наблюдением. Средний возраст обследуемых составил  $56,7 \pm 3,2$  года (от 24 до 79 лет).

Все оперированные пациенты имели эпизод острой массивной эмболии с проксимальным уровнем тромбоэмболической обструкции на уровне ствола и/или главных ветвей легочной артерии, что само по себе подразумевало массивность эмболического процесса. Пространственная ориентация ветвей легочной артерии определялась согласно анатомии Р. Д. Синельникова [9, с. 158]. Наличие контраста дистальнее тромбоэмбола подтверждало сохранность кровотока по сегментарным ветвям легочной артерии. В качестве МСКТ-показателей перегрузки правых камер сердца рассматривался диаметр непарной вены, рефлюкс контрастного препарата в НПВ и печеночные вены, развитость бронхиальной сети [7, с. 5; 10, с. 1489; 11, с. 1228].

МСКТ-ангиографию выполняли на компьютерном томографе Aquilion CXL (Toshiba, Япония) по протоколу Pulmonary CTA с внутривенным контрастным усилением неионным йодсодержащим препаратом.

Как референтный показатель правожелудочковой недостаточности рассматривалось среднее давление в легочной артерии (ср. ДЛА), рассчитанное методом ЭхоКГ на ультразвуковых диагностических системах VIVID 3, VIVID 7 компании GE (США).

Применялись следующие хирургические методики лечения — эмболэктомия из одной главной ветви легочной артерии с ее временной окклюзией из бокового торакотомного доступа ( $n=22$ , 14,4%); тромбэмболэктомия из легочной артерии в условиях искусственного кровообращения (ИК) ( $n=107$ , 69,9%); тромбэмболэктомия дополненная эндартерэктомией из легочной артерии в условиях искусственного кровообращения (ИК) ( $n=24$ , 15,7%).

Оптимальным результатом оперативного лечения считалось восстановление кровотока по артериальному легочному руслу за счет прямого удаления тромбоэмболов без возникновения жизнеугрожающих осложнений с регрессом явлений дисфункции правых камер сердца и восстановлением клинического здоровья пациента.

Оценка интраоперационных осложнений проводилась на основании классификации неблагоприятных хирургических происшествий по классификации R. M. Satava (2005). Оценка ранних послеоперационных осложнений проводилась на основании модифицированной классификации Accordion, 2009 [12, с. 87]. Суммарное количество интраоперационных осложнений у пациентов основного этапа исследования составило 49 случаев (42,9%). Общее количество послеоперационных осложнений у пациентов основного этапа исследования составило 61 случай (53,5%). Совокупность осложнений интраоперационного и раннего послеоперационного

периодов определяли общую группу периоперационных осложнений, где период наблюдения за пациентами составил 30 дней [12, с. 89].

#### **Методы статистической обработки.**

Анализ результатов исследования выполнен многомерными статистическими методами с учетом характера распределения переменных. Нормально распределенные данные анализировались параметрическими методами (критерий Стьюдента, линейная регрессия). Для анализа переменных, распределение которых отличалось от нормального, применялись непараметрические критерии (критерий Крускала–Уоллиса, критерий Манна–Уитни). Строились модели логистической регрессии. Все виды статистического анализа выполнены с применением уровня значимости  $\alpha=0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Рентгенологической особенностью массивной формы ТЭЛА является малая ангиографическая вариабельность тромбоэмболического поражения, поэтому мы считаем, что балльную оценку ангиографической тяжести в случае острой массивной ТЭЛА проводить нецелесообразно. Важнее оценить уровень проксимальной обструкции, поскольку хирургический метод лечения тромбоэмболии легочной артерии больше ограничен топикой расположения тромбоэмбола. Безопасными и доступными для удаления считаются тромбы, расположенные в проксимальных отделах легочной артерии, а именно, на уровне ствола и главных ветвей ЛА; оперативная активность на уровне долевых и сегментарных ветвей легочной артерии на сегодняшний день остается ограниченной [13, с. 37; 14, с. 139; 15, с. 49].

С точки зрения современной МСКТ диагностики наличие контрастного усиления по дистальным отделам окклюзированной или стенозированной тромбоэмболом ветви легочной артерии с этиопатологической точки зрения отражает процессы компенсаторного ремоделирования легочной гемодинамики при острой массивной ТЭЛА, оценивая истинный уровень дистальной тромбообструкции, состоятельность компенсаторной коллатеральной сети и формирование резерва периферического легочного кровотока (рис. 1).

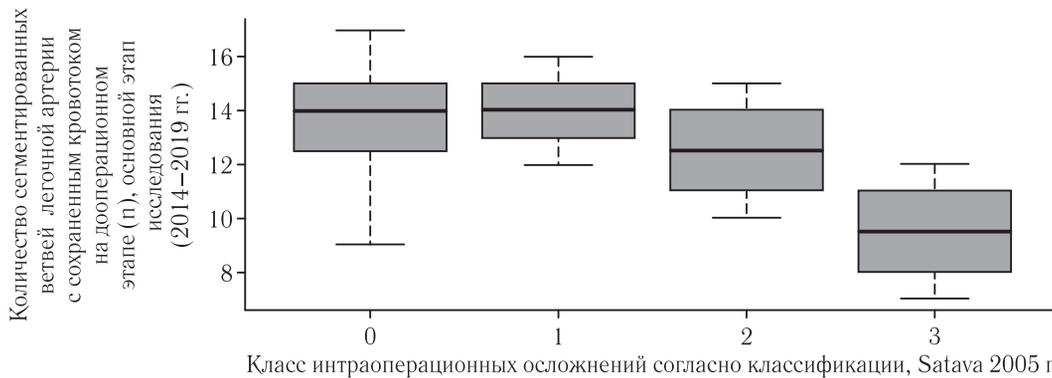
Объем сохраненного периферического артериального легочного кровотока стал прогностически важным критерием (МСКТ-предиктором) периоперационной летальности ( $p<0,001$ ), класса интраоперационных осложнений ( $\chi^2=15,8$ ;  $p<0,05$ ) и периоперационных осложнений ( $\chi^2=23,09$ ,  $p<0,05$ ) хирургического лечения острой массивной ТЭЛА (рис. 2).

Согласно фактическим значениям у летальной группы пациентов пилотного проекта контрастирование определялась менее чем в 9 из 20 сегментарных ветвей легочной артерии (что составило не более чем 45% от общего объема сегментарного кровоснабжения легких в норме). Графически результаты попарных сравнений представлены на рис. 3.



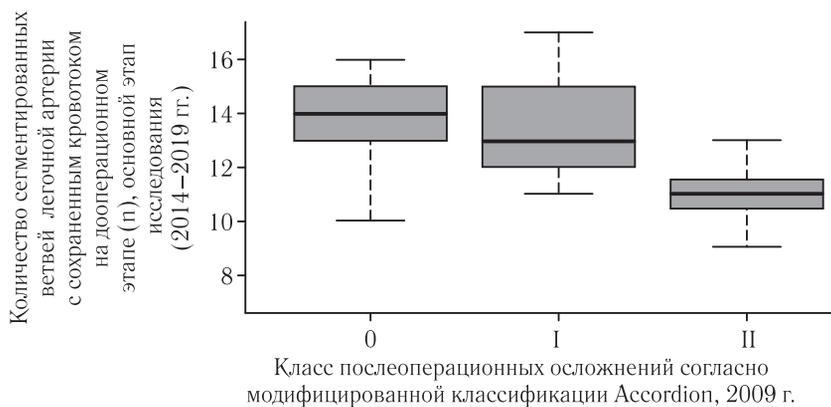
**Рис. 1.** Фрагменты МСКТ-ангиопульмонографии в косо-вертикальных проекциях MIP-реконструкции с оценкой контрастирования дистальнее участка тромбоокклюзии: *а* — сохраненный периферический кровоток по сегментарной ветви легочной артерии; *б* — кровоток не сохранен по сегментарной ветви легочной артерии

**Fig. 1.** Fragments of MSCT angiopulmonography in oblique-vertical projections of MIP reconstruction with an assessment of contrast distal to the thromboocclusion site: *a* — preserved peripheral blood flow along the segmental branch of PA; *b* — blood flow is not preserved along the segmental branch of PA



**Рис. 2.** Параллельные диаграммы размахов объема сохраненного дооперационного периферического артериального легочного кровотока, измеренного в процентах, в группах пациентов по классам интраоперационных осложнений согласно классификации Satava, 2005

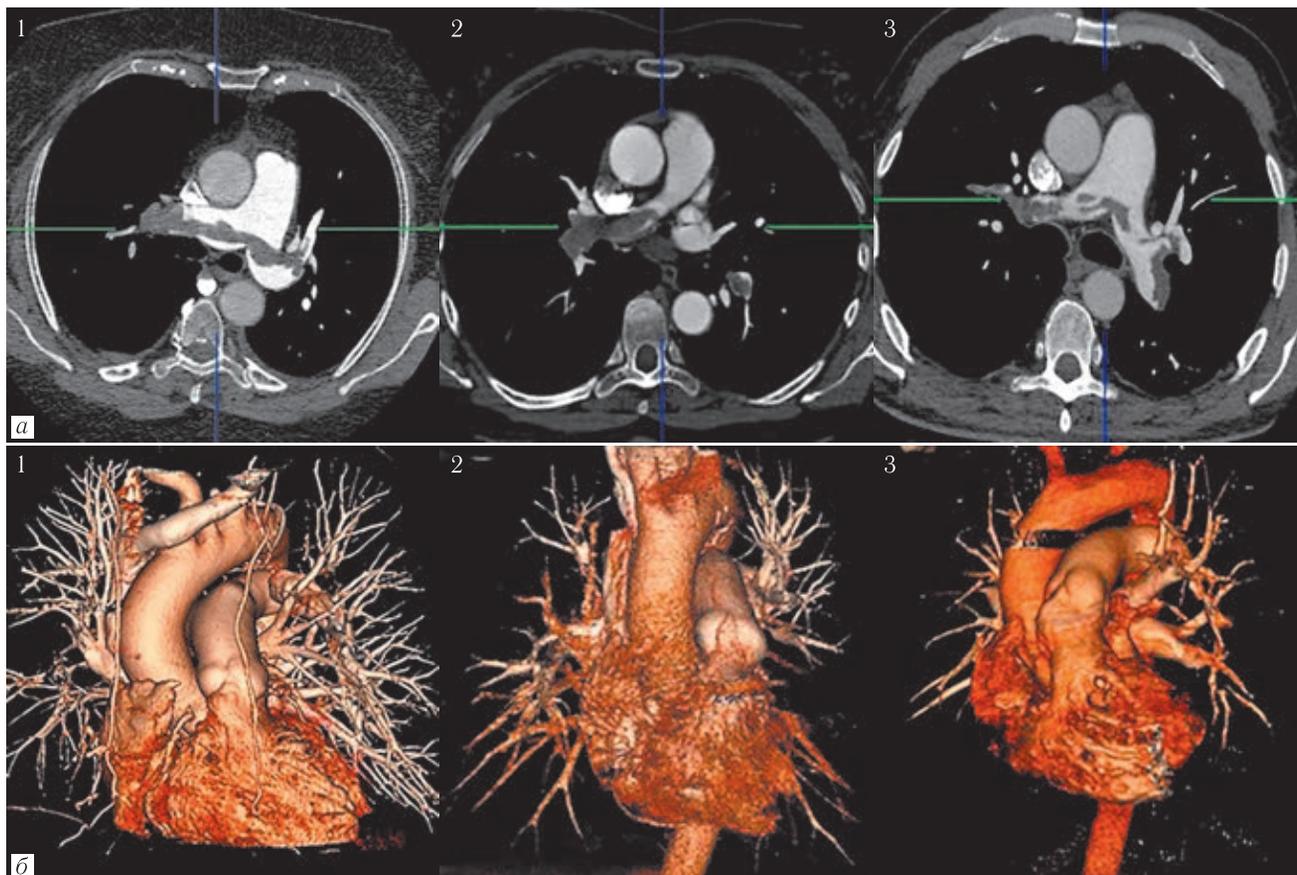
**Fig. 2.** Parallel diagrams of the scope of the volume of preserved preoperative peripheral arterial pulmonary blood flow, measured as a percentage, in groups of patients by classes of intraoperative complications according to the Satava, 2005 classification



**Рис. 3.** Параллельные диаграммы размахов объема сохраненного дооперационного периферического артериального легочного кровотока, измеренного количеством (n) сегментарных ветвей легочной артерии, в группах пациентов по категориям послеоперационных осложнений согласно модифицированной классификации Accordion

**Fig. 3.** Parallel diagrams of the scope of the volume of preserved preoperative peripheral arterial pulmonary blood flow, measured by the number of (n) segmental branches of the pulmonary artery, in groups of patients by categories of postoperative complications according to the modified Accordion, 2009 classification

Результаты выполненного исследования позволяют утверждать, что чем меньше объем сохраненного артериального легочного кровотока на дооперационном этапе, тем выше риски летальности



**Рис. 4.** Фрагменты МСКТ-ангиопульмонографии в аксиальной проекции МIP-реконструкции (1а, 3а); объемный рендеринг (1б, 2б, 3б). 1а, 1б — дооперационные МСКТ-данные мужчины 57 лет, экстренно прооперированного по поводу острой массивной ТЭЛА; интра- и послеоперационный период — без осложнений, общий срок госпитализации 8 дней; объем сохраненного кровотока на дооперационном этапе 75%; 2а, 2б — дооперационные МСКТ-данные мужчины 32 лет, экстренно прооперированного по поводу острой массивной ТЭЛА; послеоперационный период, осложнения II категории Accordion, общий срок госпитализации 14 дней; объем сохраненного кровотока на дооперационном этапе 60%; 3а, 3б — дооперационные МСКТ-данные мужчины 59 лет, экстренно прооперированного по поводу острой массивной ТЭЛА; летальный исход на 2-е сутки в отделении реанимации на фоне прогрессирующей сердечно-сосудистой недостаточности; объем сохраненного кровотока на дооперационном этапе 45%

**Fig. 4.** Fragments of MSCT angiopulmonography in the axial projection of MIP reconstruction (1a, 3a); volume rendering (1b, 2b, 3b). 1a, 1b — preoperative multispiral computed tomography of a 57-year-old man who underwent emergency surgery for acute massive PE; intra-and postoperative period — without complications, the total duration of hospitalization is 8 days; the volume of preserved blood flow at the preoperative stage is 75%; 2a, 2b — preoperative multispiral computed tomography of a 32-year-old man who underwent emergency surgery for acute massive PE; postoperative period, complications of category II Accordion, the total duration of hospitalization is 14 days; the volume of preserved blood flow at the preoperative stage is 60%; 3a, 3b — preoperative multispiral computed tomography of a 59-year-old man who underwent emergency surgery for acute massive PE; fatal outcome on the 2<sup>nd</sup> day in the intensive care unit against the background of progressive cardiovascular insufficiency; the volume of preserved blood flow at the preoperative stage is 45%

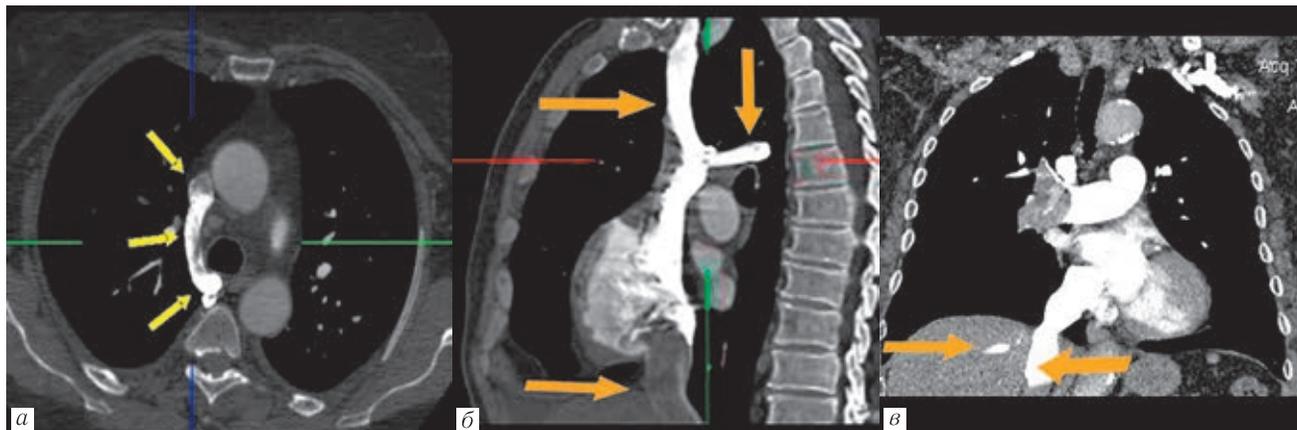
и осложнений хирургического лечения острой массивной ТЭЛА (рис. 4).

Нерешенным вопросом экстренной кардиохирургии остается вопрос быстрой объективной оценки степени правожелудочковой недостаточности. Высокая перегрузка правых камер сердца (с пороговым значением давления в легочной артерии равным и более 50 мм рт.ст.) представлена основным неблагоприятным прогностическим признаком ТЭЛА и одним из опорных критериев при выборе экстренного оперативного вмешательства.

Методом ЭхоКГ, традиционно используемый для расчета давления в легочной артерии, имеет серьез-

ные визуализационные ограничения в отношении правых камер сердца и высокий субъективизм интерпретации результатов [16, с. 108]. Становится необходимым выявление МСКТ параметров, позволяющих дифференцировать степень перегрузки правых камер сердца (рис. 5).

В случае острой массивной тромбоэмболической обструкции единым процессом становится повышение сопротивления в системе легочных вен и вен средостения. Увеличение давления в правом предсердии, как правило, приводит к увеличению непарной и полых вен. Актуальность сопоставления диаметра полых вен с давлением в легочной артерии



**Рис. 5.** Фрагменты МСКТ-ангиопульмонографии, МIP-реконструкция: *a* — аксиальная проекция, стрелками указана непарная вена (измерение диаметра); *б* — сагиттальная проекция, стрелками указаны верхняя полая вена (измерение диаметра), непарная вена (измерение диаметра), нижняя полая вена (измерение диаметра, отсутствие рефлюкса контрастного препарата); *в* — корональная проекция, стрелками указаны печеночные вены, рефлюкс контрастного препарата в печеночные вены

**Fig. 5.** Fragments of CT angiopulmonography, MIP reconstruction: *a* — is an axial projection, the arrows indicate an unpaired vein (measurement diameter); *б* — sagittal projection, the arrows indicate the upper vena cava (diameter measurement), the unpaired vein (diameter measurement), the lower vena cava (diameter measurement, no reflux of the contrast agent); *в* — coronal projection, the arrows indicate the hepatic veins, reflux of the contrast agent into the hepatic veins

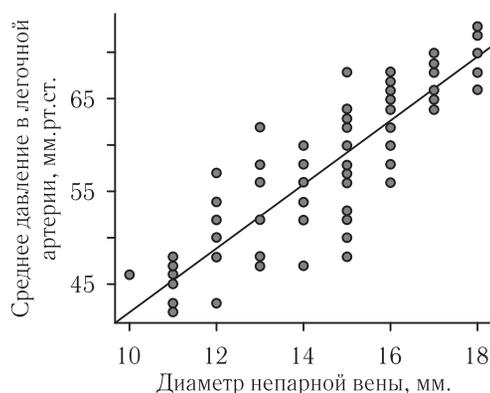
отмечена рядом авторов [10, с. 1491; 11, с. 1229], однако в рамках нашего исследования эта взаимосвязь не подтверждена ( $p > 0,05$ ), поэтому мы считаем, что изолированное использование МСКТ-показателя — диаметр полых вен в случае оценки перегрузки правых камер сердца имеет ограниченную практическую ценность.

В ответ на острую массивную тромбоэмболическую перегрузку артериального легочного русла статистически подтверждена прямая взаимосвязь: при увеличении диаметра непарной вены пропорционально возрастает среднее давление в легочной артерии ( $p < 0,001$ ). Графически зависимость представлена на рис. 6. Изменчивость диаметра непарной вены объясняет 66,9% изменчивости давления в легочной вене ( $p < 0,001$ ).

Дополняющим фактором, подтверждающим гемодинамическую значимость перегрузки правых камер сердца, стал дополнительный МСКТ-параметр — количество бронхиальных артерий [8, с. 443; 17, с. 34]. Увеличению количества визуализированных бронхиальных артерий соответствует увеличение среднего давления в легочной артерии ( $p < 0,05$ ). Визуализация хотя бы одной бронхиальной артерии соответствует значению среднего давления в легочной артерии  $56 \pm 6,13$  мм рт.ст., а визуализация трех и более бронхиальных артерий соответствует крайне высоким показателям среднего давления в легочной артерии —  $65,75 \pm 3,82$  мм рт.ст. (рис. 7).

На основании полученных результатов был расширен алгоритм дооперационной МСКТ-диагностики пациентов с острой массивной ТЭЛА за счет включения в анализ количества сегментарных ветвей легочной артерии с сохраненным кровотоком на доопера-

ционном этапе (оценка объема сохраненного периферического артериального легочного кровотока). Сформирован обязательный опорный дооперационный МСКТ-статус пациента с острой массивной ТЭЛА, в который вошли ангиографическая массивность и уровень поражения артериального легочного русла; анализ количества сегментарных ветвей легочной артерии с сохраненным артериальным легочным кровотоком; анализ состояния камер сердца и распространенность инфаркт-пневмонии (количество бронхолегочных сегментов, выполняющих зону инфаркт-

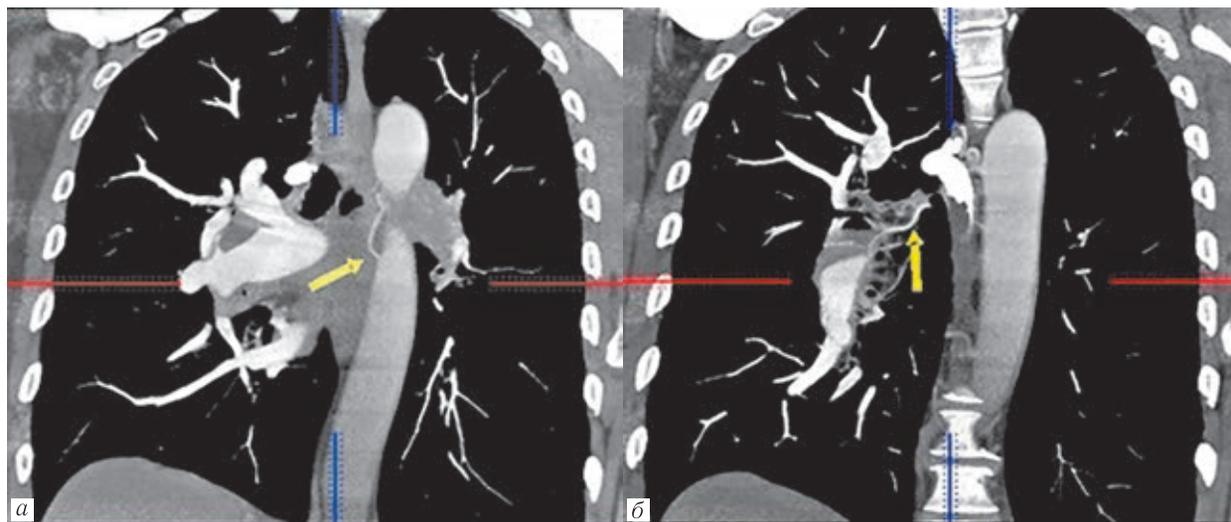


**Рис. 6.** Зависимость среднего давления в легочной артерии от диаметра непарной вены

**Fig. 6.** The dependence of the average pressure in the pulmonary artery on the diameter of the unpaired vena

пневмонии); анализ диаметра непарной вены и количества визуализируемых бронхиальных артерий

Этиопатологически тромбоэмболия легочной артерии (ТЭЛА) подразумевает стенозирующее или окклюзирующее поражение артериального русла легких эмболом, первично образовавшимся



**Рис. 7.** Фрагменты МСКТ-ангиопульмонографии, MIP-реконструкция, корональная плоскость; стрелками указаны бронхиальные артерии

**Fig. 7.** Fragments of CT-angiopulmonography, MIP reconstruction, coronal plane; the arrows indicate the bronchial arteries

в венозной системе конечностей и/или в правых полостях сердца (группа венозных тромбоэмболических осложнений — ВТЭО) [3, с. 14; 14, с. 269].

Значительно реже эмболия происходит нетромбогенными агентами (нетромбогенная эмболия легочной артерии — НТЭЛА), где источниками эмболии становятся инородные тела; опухолевые, амниотические эмболы, бактерии, грибы и паразиты (чаще эхинококк). Еще реже встречается сочетанная эмболия (чаще представляющая субстрат вегетаций и вторичный инфекционный агент). Группа НТЭЛА в литературе освящена мало [14, с. 274].

Этиопатогенетический подход к лечению эмболии легочной артерии прост и известен — это восстановление кровотока за счет механической или фармакологической дезоблитерации, однако на практике это до сих пор остается сложно выполнимой задачей [2, с. 50; 15, с. 47].

Увеличение факторов, провоцирующих венозные тромбоэмболические осложнения (ВТЭО), связано с ростом и многообразием числа заболеваний, сопровождающихся изменением реологии крови, что наглядно продемонстрировал печальный опыт коронавирусной инфекции 2019 года (COVID-2019). Прогрессивный рост числа онкологических заболеваний, увеличение числа лиц с плохо контролируемые метаболическими нарушениями (в частности, сахарным диабетом, липидемией), а также отягощенные социальные факторы, включающие прогрессивное снижение двигательной активности населения, неконтролируемый прием лечебных препаратов (включая гормональные), рост внутривенной наркомании, влекут за собой увеличение случаев эмболии среди лиц молодого и среднего возрастов, а также беременных, ежегодно повышая социальный аспект заболевания [3, с. 6].

Молниеносность течения эмболии легочной артерии диктует исключительный подход к полноте диагностики заболевания, а изменение лечебной тактики за счет возрастающей востребованности хирургических методов лечения, меняет в целом диагностический подход к острой эмболии легочной артерии [2, с. 145; 8, с. 15, с. 47].

Диагноз и лечение легочной эмболии требуют междисциплинарного подхода, сочетающего хирургические и лучевые специальности. Успех хирургического лечения ТЭЛА напрямую зависит от полноты и скорости дооперационной МСКТ-диагностики, в частности от качества анализа внутрилегочной и внутрисердечной гемодинамики [8, с. 459].

**Заключение.** Для острой массивной ТЭЛА с обструкцией на уровне ствола и/или главных ветвей легочной артерии, с резким и чаще неконтролируемым прогрессированием правожелудочковой недостаточности, стратификация рисков в режиме «реального времени» становится наиболее актуальным, временной фактор приобретает первостепенную значимость для определения тактики лечения. Включение в алгоритм дооперационной диагностики ранее не учитываемых МСКТ-параметров позволяют модифицировать алгоритм дооперационной диагностики, сформировать и ввести понятие опорного МСКТ-статуса пациента с острой массивной ТЭЛА. По данным многофакторного анализа основным МСКТ-предиктором успеха оперативного лечения острой массивной ТЭЛА стал объем периферического легочного кровотока. Следует отметить, что возможность анализа среднего давления в легочной артерии позволяет рассматривать МСКТ как экспертный метод для экстренной комплексной диагностики жизнеугрожающей сердечно-сосудистой патологии.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Хубулава Г.Г., Гаврилов Е.К., Шишкевич А.Н., Ларин И.А., Алборов Ю.Р., Садовой С.В. Диагностика и хирургическое лечение восходящих глубоких флеботромбозов нижних конечностей и таза // *Вестник хирургии*. 2018. Т. 177, № 2. С. 46–51. [Khbulava G.G., Gavrilov E.K., Shishkevich A.N., Larin I.A., Alborov Yu.R., Sadovoy S.V. Diagnostics and surgical treatment of ascending deep phlebotrombosis of the lower extremities and pelvis. *Bulletin of Surgery*, 2018, Vol. 177, No. 2, pp. 46–51 (In Russ.).]
- Медведев А.П., Максимов А.Л., Немирова С.В., Пичугин В.В., Демарин О.И., Калинина М.Л., Козина М.Б., Чигинев В.А. Опыт диагностики и хирургического лечения тромбоза легочной артерии у беременных // *Современные технологии в медицине*. 2017. № 9 (4). С. 143–155. [Medvedev A.P., Maksimov A.L., Nemirova S.V., Pichugin V.V., Demarin O.I., Kalinina M.L., Kozina M.B., Chiginev V.A. Experience of diagnosis and surgical treatment of pulmonary embolism in pregnant women. *Modern technologies in medicine*, 2017, No 9 (4), pp. 143–155 (In Russ.).]
- Российские клинические рекомендации по диагностике, лечению, профилактике венозных тромбозов и тромбоэмболий // *Флебология*. 2015. Т. 9, № 4 (2). С. 4–46. [Russian clinical recommendations for the diagnosis, treatment, prevention of venous thromboembolic complications. *Phlebology*, 2015, Vol. 9, No. 4 (2), pp. 4–46 (In Russ.).]
- Konstantinides S.V., Torbicki A., Agnelli G., Danchin N., Fitzmaurice D., Galis N., Gibbs J.S. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism: the task force for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism of the European Society of Cardiology (ESC) // *Eur. Heart J.* 2014. Vol. 35, No. 43. P. 3033–3069. doi: 10.1093/eurheartj/ehu283.
- Юдин А.Л., Учеваткин А.А., Афанасьева Н.И., Юматова Е.А., Кулагин А.Л. Роль мультidetекторной компьютерной томографии в диагностике венозной тромбоза // *Российский медицинский журнал*. 2015. № 21 (1). С. 40–43. [Yudin A.L., Uchevatkin A.A., Afanasyeva N.I., Yumatova E.A., Kulagin A.L. The role of multidetector computed tomography in the diagnosis of venous thromboembolism. *Russian Medical Journal*, 2015, No. 21 (1), pp. 40–43 (In Russ.).]
- Mean M., Tritschler T., Limacher A., Breault S., Rodondi N., Aujejsky D., Qanadli S.D. Association between computed tomography obstruction index and mortality in elderly patients with acute pulmonary embolism: A prospective validation study // *PLoS ONE*. 2017. Vol. 12, No. 6. P. 1–13. doi: 10.1371/journal.pone.0179224.
- John G., Marti C., Poletti P.A., Perrier A. Hemodynamic Indexes Derived from Computed Tomography Angiography to Predict Pulmonary Embolism Related Mortality // *BioMed Research International*. 2014. P. 8. doi: 10.1155/2014/363756
- Сухова М.Б. Острая массивная тромбоз легочной артерии. Современный взгляд на анализ результатов МСКТ-исследования // *Современные стандарты лучевых исследований и принципы построения заключений: руководство для врачей / под ред. Т.Н.Трофимовой*. СПб., 2021. С. 440. [Sukhova M.B. Acute massive pulmonary embolism. A modern view on the analysis of the results of the MSCT study. *Modern standards of radiation research and principles of drawing conclusions: a guide for doctors*, ed. by T.N.Trofimova. St. Petersburg, 2021, 440 p. (In Russ.).]
- Синельников Р.Д., Синельников Я.Р. *Атлас анатомии человека*. В 4 т. Т. 2. Учение о внутренних органах. Спланхнология. 2-е изд., стер. М., 1996. С. 157–160. [Sinelnikov R.D., Sinelnikov Ya.R. *Atlas of human anatomy*. In 4 volumes. Vol. 2. The doctrine of the entrails. Splanchnologiya. 2<sup>nd</sup> ed., ster. Moscow, 1996. P. 157–160 (In Russ.).]
- Aviram G., Rogowski O., Gotler Y., Bender A., Steinil A., Goldin Y., Graif M., Berliner S. Real Time Risk Stratification of Patients with Acute Pulmonary Embolism by Grading the Reflux of Contrast into the Inferior Vena Cava on Computerized Tomographic Pulmonary Angiography // *Journal of Thrombosis and Haemostasis*. 2008. Vol. 6, No. 9. P. 1488–1493. doi: 10.1111/j.1538-7836.2008.03079.
- Yeh B.M., Kurzman P., Foster E., Qayyum A., Joe B., Coakley F. Clinical relevance of retrograde inferior vena cava or hepatic vein opacification during contrast-enhanced CT // *Am. J. Roentgenol.* 2004. Vol. 183, No. 5. P. 1227–1232. doi: 10.2214/ajr.183.5.1831227.
- Казарян А.М., Акопов А.Л., Росок Б., Постриганова Н.Д., Эдвин Б. Российская редакция классификации осложнений в хирургии // *Вестник хирургии им. И.И.Грекова*. 2014. Т. 173, № 2. С. 86–91 [Kazaryan A.M., Akopov A.L., Rosok B., Postrikanova N.D., Edwin B. The Russian edition of the classification of complications in surgery. *Bulletin of Surgery named after Grekov I.I.*, 2014, Vol. 173, No. 2, pp. 86–91 (In Russ.).]
- Тюрин В.П., Пронин А.Г. Сопоставление критериев стратификации риска смерти при тромбозах легочной артерии с учетом объема поражения легочных артерий // *Международный журнал сердца и сосудистых заболеваний*. 2018. Т. 6, № 18. С. 36–47. [Tyurin V.P., Pronin A.G. Comparison of criteria for stratification of the risk of death in pulmonary embolism, taking into account the volume of damage to the pulmonary arteries. *International Journal of Heart and Vascular Diseases*, 2018, Vol. 6, No. 18, pp. 36–47 (In Russ.).]
- Савельев В.С., Яблоков Е.Г., Кириенко А.И. *Тромбоз легочных артерий*. М.: Медицина, 1979. С. 264 [Savelyev V.S., Yablokov E.G., Kiriyenko A.I. *Pulmonary embolism*. Moscow: Publishing house Medicine, 1979, pp. 264 (In Russ.).]
- Хубулава Г.Г., Гаврилов Е.К., Тарасов В.А. Ближайшие и отдаленные результаты открытой тромбэктомии из глубоких вен нижних конечностей при флотрирующих флеботромбозах с предварительной имплантацией кава-фильтра и без // *Анналы хирургии*. 2016. Т. 21, № 1–2. С. 139–144. [Khbulava G.G., Gavrilov E.K., Tarasov V.A. Immediate and long-term results of open thrombectomy from deep veins of the lower extremities with floating phlebotrombosis with and without preliminary implantation of a cava filter. *Annals of Surgery*, 2016, Vol. 21, No. 1–2, pp. 139–144 (In Russ.).]
- Алехин М.Н. Возможности и ограничения эхокардиографии в оценке давления в легочной артерии и правых камерах сердца // *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2012. № 6. С. 106–116. [Alyokhin M.N. Possibilities and limitations of echocardiography in the assessment of pressure in the pulmonary artery and right chambers of the heart. *Ultrasound and functional diagnostics*, 2012, No. 6, pp. 106–116 (In Russ.).]
- Юдин А.Л., Учеваткин А.А., Афанасьева Н.И., Юматова Е.А., Рудая А.И. Бронхиальные артерии — анатомические особенности и пути ремоделирования // *Лучевая диагностика и терапия*. 2015. № 1 (6). С. 32–38. [Yudin A.L., Uchevatkin A.A., Afanasyeva N.I., Yumatova E.A., Rudaya A.I. Bronchial arteries-anatomical features and ways of remodeling. *Radiation diagnostics and therapy*, 2015, Vol. 1, No. 6, pp. 32–38 (In Russ.).]

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 02.09.2021 г.

#### Вклад авторов:

Вклад в концепцию и план исследования — Т.Н.Трофимова. Вклад в сбор данных — М.Б.Сухова. Вклад в анализ данных и выводы — Т.Н.Трофимова, М.Б.Сухова. Вклад в подготовку рукописи — Т.Н.Трофимова, М.Б.Сухова.

#### Сведения об авторах:

*Сухова Марина Борисовна* — кандидат медицинских наук, ассистент кафедры клинической медицины; государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Специализированная клиническая кардиохирургическая больница г. Нижнего Новгорода»; 603005, Нижний Новгород, ул. Ванеева, д. 209; руководитель рентгенодиагностического отделения, врач-рентгенолог; Институт биологии и биомедицины федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И.Лобачевского»; 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23; e-mail: skkbnn@gmail.com; ORCID 000-0002-0504-1421;

*Трофимова Татьяна Николаевна* — доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории нейровизуализации федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт мозга человека имени Н.П.Бехтерева» Российской академии наук; 197376, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 9; e-mail: T.Trofimova@sogaz-clinic.ru.

Открыта подписка на 1-е полугодие 2022 года.

Подписной индекс:

Объединенный каталог «Пресса России» 42177