

ТРОМБОЭМБОЛИЯ ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ: ОЦЕНКА ТЯЖЕСТИ И ПРОГНОЗ ИСХОДА ЗАБОЛЕВАНИЯ

Пронин А.Г.*, Трошина А.А.

ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр им. Н.И. Пирогова», Москва

DOI: 10.25881/20728255_2024_19_3_141

Резюме. Предотвращение развития смертельного исхода и хронической легочной гипертензии у больных ТЭЛА является одной из актуальных проблем современной медицины. Внедрение в клиническую практику стратификации риска ранней смерти от ТЭЛА позволило во многом оптимизировать лечение этих пациентов. Однако, сохраняется неопределенность в выборе объема терапии у больных умеренного риска ранней ТЭЛА-ассоциированной смерти. Это лежит в основе не всегда адекватной тактики лечения и, как следствие, развития у данной группы пациентов хронической тромбоэмболической легочной гипертензии, чаще чем у остальных больных. Многие исследователи видят пути решения этой проблемы в установлении новых ЭхоКГ критериев тяжести течения ТЭЛА. Проанализированы современные литературные данные и результаты собственных изысканий по рассматриваемой проблеме. Показано превосходство определения градиента давления на клапане легочной артерии, рассчитываемого на основании измерения объема сердца выбрасываемого в аорту за одну систолу при ЭхоКГ, над большинством широко используемых параметров.

Ключевые слова: тромбоэмболия легочной артерии, прогноз исходов заболевания, эхокардиография, хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия.

Список сокращений.

АКТ – антикоагулянтная терапия;
КТ – компьютерная томография;
ТЛТ – тромболитическая терапия;
ТЭЛА – тромбоэмболия легочной артерии;
РТ – реваскуляризирующая терапия;
УО – ударный объем сердца;
ХТЛГ – хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия;
ЭКГ – электрокардиография;
ЭхоКГ – эхокардиография.

Введение

Смерть и хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия (ХТЛГ) – это самые неблагоприятные исходы тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА). Смертью заканчивается 2–12%, а развитием ХТЛГ – 3–15% всех случаев ТЭЛА [1–3]. Снизить вероятность их наступления, согласно современным представлениям Европейского общества кардиологов, помогает установление клинико-анамнестических и лабораторно-инструментальных факторов риска, наиболее важными из которых являются гемодинамическая стабильность пациента, наличие или отсутствие эхокардиографических (ЭхоКГ) признаков перегрузки правого желудочка сердца и маркеров повреждения миокарда, с последующим определением тактики лечения (Табл. 1) [4–6].

PULMONARY EMBOLISM: ASSESSMENT OF THE SEVERITY AND PROGNOSIS OF THE OUTCOME OF THE DISEASE

Пронин А.Г.*, Трошина А.А.

Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow

Abstract. Predicting and preventing the development of death and chronic thromboembolic hypertension in patients with pulmonary embolism is one of the urgent problems of modern medicine. The introduction into clinical practice of stratification of the risk of early death from pulmonary embolism has made it possible to optimize the treatment of these patients in many ways. However, uncertainty remains in the choice of the volume of therapy in patients with moderate risk of early death. What underlies the often incorrect choice of treatment tactics and, as a result, the development of chronic thromboembolic pulmonary hypertension in these patients, more often than in other patients. Many researchers see ways to solve this problem in establishing new echocardiographic criteria for the severity of pulmonary embolism. This article analyzes modern literary data and the results of their own research. The superiority of determining the pressure gradient on the pulmonary artery valve, calculated on the basis of measuring the volume of the heart ejected into the aorta in one systole during echocardiography, over most widely used parameters is shown.

Keywords: pulmonary embolism, prognosis of disease outcomes, echocardiography, chronic thromboembolic pulmonary hypertension.

Табл. 1. Стратификация риска ранней смерти и тактика ведения больных ТЭЛА [6]

Риск ранней смерти	Факторы риска				Тактика
	Шок/гипотония	Дисфункция правого желудочка	Повреждение миокарда	Класс PESI	
Высокий	+	+	(+)	(III–V)	РТ
Умеренно-высокий	–	+	+	III–V	РТ, АКТ
Умеренно-низкий	–	+/-	+/-	III–V	АКТ
Низкий	–	–	–	I–II	АКТ

Примечание: () — необязательное условие. РТ — реваскуляризирующая терапия (тромболитическая терапия, эмболизэктомия), АКТ — антикоагулянтная терапия.

Анализ стратификации риска ранней смерти и связанного с ним объема терапии согласно критериям Европейского общества кардиологов

Согласно стратификации риска ранней смерти от ТЭЛА высокая вероятность смертельного исхода имеет место у пациентов с признаками нестабильной гемодинамики. Тридцатидневная летальность у них в 2,6 раза выше, чем у гемодинамически стабильных больных, и наблюдается у 3,5–7,9% всех случаев ТЭЛА и зависит от своевременности проведения экстренной реканализирующей терапии [6–8].

У пациентов с низкой вероятностью тридцатидневной летальности от ТЭЛА, на момент развития острого

* e-mail: lek32@yandex.ru

эпизода, заболевание носит не жизнеугрожающий характер и, как правило, у них не развивается ХТЛГ или других значимых осложнений. Этим больным требуется детальная оценка источников ТЭЛА на предмет эмбологичности и вероятности рецидива заболевания [3; 9].

Наиболее дискуссионным остается определение тяжести заболевания и тактики лечения больных ТЭЛА с умеренным, и в особенности с умеренно-высоким, риском ранней смерти. В первую очередь это обусловлено тем, что нет четких критериев у этих пациентов, когда проводить реканализирующую, а когда антикоагулянтную терапию [10; 11]. Как следствие, в настоящее время выбор объема терапии является субъективным мнением врача, которые в соответствии с современными клиническими рекомендациями отдают предпочтение лечению антикоагулянтными препаратами, а при дестабилизации состояния пересматривают вариант лечения. Такой подход приводит к тому, что до 26% больных умеренно-высокого риска ранней смерти от ТЭЛА не получают своевременного лечения в полном объеме [12; 13]. Это вносит свой вклад в то, что у данной группы пациентов (особенно на фоне большого объема поражения легочного артериального русла, рецидивирующего характера эмболии, наличия в остром эпизоде дисфункции правого желудочка при ЭхоКГ, начала лечения более чем через 2 недели от развития заболевания) ХТЛГ регистрируется в 4,6–5,8 раза чаще, чем у больных другой вероятности ранней ТЭЛА-ассоциированной смерти [14; 15].

Диагностическая и прогностическая значимость повышения уровня плазменной концентрации тропонина

ТЭЛА является самой частой не коронарогенной причиной повышения уровня плазменной концентрации тропонина [16]. Наличие данного маркера регистрируется у 10–50% больных ТЭЛА с гемодинамически значимым объемом поражения легочного артериального русла и характеризуется не высокими значениями, а так же короткими сроками регистрации [16–18].

Повышенный уровень плазменной концентрации тропонина рассматривается как один из факторов, влияющих у больных ТЭЛА на выбор тактики лечения в сторону проведения реваскуляризирующей терапии, так как его наличие в 3–5 раз повышает вероятность неблагоприятного исхода [10; 17; 19]. Однако, существует большое количество литературных данных, в которых это суждение подвергается сомнению и утверждается о большей отрицательной прогностической значимости данного маркера, так как повышение уровня плазменной концентрации тропонина далеко не всегда отмечается у больных ТЭЛА с наличием гемодинамической нестабильности или с выраженными признаками перегрузки правого желудочка [20; 21].

ЭхоКГ диагностика дисфункции правого желудочка

ЭхоКГ является самым доступным и распространенным неинвазивным методом оценки наличия перегрузки

правых отделов сердца у больных ТЭЛА [22; 23]. К ЭхоКГ критериям перегрузки объемом или давлением, дисфункции правого желудочка относятся: увеличение отношения базальных размеров правого желудочка к размерам левого желудочка сердца более 0,9; дискинезия свободной стенки правого желудочка при сохраненной подвижности верхушки; уплощение межжелудочковой перегородки; снижение систолическая экскурсия кольца трикуспидального клапана менее 16 мм; наличие трикуспидальной регургитации 2 степени и больше; сочетание времени ускорения кровотока в выносящем тракте правого желудочка менее 60 мс с максимальным систолическим градиентом на трикуспидальном клапане менее 60 мм рт. ст. (признак “60/60”); расширение нижней полой вены более 20 мм со снижением ее коллабироваия при дыхании; повышение систолического давления в легочной артерии более 30 мм рт. ст.; мобильный тромб в правых отделах сердца [24–27]. Наличие этих критериев у больных ТЭЛА сопряжено с 2–3 кратным увеличением вероятности смертельного исхода заболевания и развития хронической тромбоэмболической легочной гипертензии [28; 29]. Однако, не существует четких параметров для данных критериев, определяющих их выраженность для тяжести ТЭЛА, что подтверждается их не высокими диагностическими характеристиками [23; 30].

В связи с еще более недостаточной эффективностью клинических и лабораторных методов определения степени тяжести ТЭЛА, многие исследователи продолжают считать установление новых высокочувствительных и специфичных ЭхоКГ критериев заболевания перспективным направлением [31; 32]. Одним из таких критериев, является ударный объем сердца, обладающий, при его снижении менее 35 мл высокой корреляционной зависимостью с высокой и умеренно-высокой вероятностью ранней ТЭЛА-ассоциированной смерти. Также этот параметр имеет более высокие диагностические характеристики, чем остальные ЭхоКГ критерии [33; 34].

Градиент давления на клапане легочной артерии как показатель тяжести и исхода тромбоэмболии легочной артерии

На основании законов элементарной физики и физиологии существует метод расчета градиента давления на клапане легочной артерии, на основании определения при ЭхоКГ ударного объема сердца и радиуса ширины потока крови на клапане легочной артерии, с использованием формулы объема жидкости протекающий через отверстие определенного диаметра под градиентом давления на разных сторонах отверстия [33–36]:

$$\Delta P_{\text{ла}} = (UO^2 \times 10^3) / (7,6 \times r^4),$$

где: УО — ударный объем сердца, определяемый при ЭхоКГ в мл; r — радиус ширины сечения потока крови на клапане легочной артерии, измеряемый при ЭхоКГ в мм; $\Delta P_{\text{ла}}$ — градиент давления на клапане легочной артерии рассчитываемый в мм рт. ст.

Чем ниже данный показатель, тем более тяжелое течение заболевания и хуже прогноз. Так у больных ТЭЛА со смертельным исходом данный параметр, как правило, не превышает 8–10 мм рт. ст., у пациентов с нестабильной гемодинамикой находится в диапазоне от 12 до 16 мм рт. ст., при течении заболевания со стабильной гемодинамикой – более 16 мм рт. ст. Значения уровня снижения расчетного градиента давления на клапане легочной артерии менее 8 мм рт. ст. очень высоко коррелирует с 5 классом индекса *Pesí* и высокой вероятностью смерти согласно критериям Европейского общества кардиологов, и в 79 раз повышает вероятность смертельного исхода. Диагностическая чувствительность и специфичность уровня данного показателя высоки: 100% и 98,7% соответственно. Определение уровня расчетного градиента давления на клапане легочной артерии в динамике на фоне терапии с сохранением его значений менее 16 мм рт. ст., повышает вероятность развития ХТЛГ почти в 27 раз [33; 34].

Недостаток применения данного метода заключается в том, что у 22,6% пациентов, как и при измерении среднего давления, визуализация клапана легочной артерии не возможна в силу различных причин, например, таких, как конституциональные особенности больного с выраженным ожирением, сколиоз позвоночника и деформация грудной клетки с дистопией внутренних органов, тяжесть состояния больного с отсутствием возможности придания положения тела больному, необходимого для проведения ЭхоКГ и др. [37; 38].

Заключение

Стратификации риска ранней смерти у больных ТЭЛА и связанный с ней выбор терапии не в полной мере решает проблему определения тактики ведения больных с умеренной вероятностью смертельного исхода. У этих больных в 4,6–5,8 раза чаще развивается хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия, так как не определены критерии выбора объема терапии, а имеющиеся подвергаются сомнению.

Спорной является роль повышения уровня плазменной концентрации тропонина для определения тяжести течения и прогнозирования исходов тромбоэмболии легочной артерии.

Среди распространенных эхокардиографических критериев нет высокоинформативных достоверных диагностических и прогностических параметров оценки состояния больного, определяющих тактику лечения. Однако существенный вклад в установление тяжести и прогноза исходов тромбоэмболии легочной артерии может оказать использование ударного объема сердца и градиента давления на клапане легочной артерии, как более информативных методов обладающих высокими диагностическими и прогностическими характеристиками.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Бернс С.А., Шмидт Е.А., Неешпапа А.Г. и др. Факторы риска развития смертельных исходов в течение года наблюдения после тромбоэмболии легочной артерии // Медицинский совет. – 2019. – №5. – С. 80–85. [Berns SA, Shmidt EA, Neeshpapa AG, et al. Risk factors associated with the development of death events during the first year of follow-up after pulmonary thromboembolism. Medical Council. 2019; 5: 80–85 (In Russ.)] doi: 10.21518/2079–701X–2019–5–80–85.
2. Муллова И.С., Чаулин А.М., Свечков Н.А. и др. Экспериментальные модели тромбоэмболии легочной артерии // Российский кардиологический журнал. – 2022. – Т.27 – №1S. – С. 4887. [Mullova IS, Chaulin AM, Svechkov AI, et al. Experimental models of pulmonary embolism. Russian Journal of Cardiology. 2022; 27(1S): 4887. (In Russ.)] doi: 10.15829/1560–4071–2022–4887.
3. Димитриева О.В., Бусалаева Е.И., Васильева Н.П. и др. Тромбоэмболия легочной артерии в реальной клинической практике. Забайкальский медицинский вестник. – 2020. – №4. – С.7–26. [Dimitrieva OV, Busalaeva EI, Vasilieva NP, et al. Pulmonary thrombolism in real clinical practice. Transbaikalian medical bulletin. 2020; 4: 17–26. (In Russ.)]
4. Johansson M. Epidemiology of venous thromboembolism with focus on risk markers : doctoral thesis, comprehensive summary. Umea University, 2019. P.215.
5. Becattini C, Agnelli G. Acute treatment of venous thromboembolism. Blood. 2020; 5: 305–316. doi: 10.1182/blood.2019001881.
6. Konstantinides SV, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS). The Task Force for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism of the European Society of Cardiology (ESC). European Heart Journal. 2020; 41: 543–603. doi: 10.1093/eurheartj/ehz405.
7. Jiménez D, Bickdeli B, Barrios D, et al. Epidemiology, patterns of care and mortality for patients with hemodynamically unstable acute symptomatic pulmonary embolism. International Journal of Cardiology. 2018; 269: 327–33. doi: 10.1016/j.ijcard.2018.07.059.
8. Никулина Н.Н., Тереховская Ю.В. Эпидемиология тромбоэмболии легочной артерии в современном мире: анализ заболеваемости, смертности и проблем их изучения // Российский кардиологический журнал. – 2019. – Т.24. – №6. – С.103–108. [Nikulina NN, Terekhovskaya YuV. Epidemiology of pulmonary embolism in today's context: analysis of incidence, mortality and problems of their study. Russian Journal of Cardiology. 2019; 24(6): 103–108. (In Russ.)] doi: 10.15829/1560–4071–2019–6–103–108.
9. Макарова Н.В., Бусалаева Е.И., Туйзарова И.А., Визе-Хрипунова М.А. Сложности диагностики тромбоэмболии легочной артерии в клинической практике // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2022. – Т.3. – С.35–42. [Makarova NV, Busalaeva EI, Tuyzarova IA, Vize-Khripunova MA. Pulmonary embolism: Challenges in clinical diagnosis. Ulyanovsk Medico-biological Journal. 2022; 3: 35–42. (In Russ.)] doi: 10.34014/2227–1848–2022–3–35–42.
10. Коков Л.С. Тромбоэмболия лёгочной артерии. Классическая диагностика, новейшие методы профилактики и лечения: руководство для врачей – М.: РАН, 2022. –378 с. [Kokov LS. Pulmonary embolism. Classical diagnostics, the latest methods of prevention and treatment: a guide for doctors. Moscow: RAS; 2022. 378 p. (In Russ.)]
11. Овчинников Ю.В., Зеленов М.В., Половинка В.С., Крюков Е.В. Современные аспекты тромболитической терапии тромбоэмболии легочных артерий // Клиническая медицина. – 2021. – Т.99. – №1. – С.6–14. [Ovchinnikov YV, Zelenov MV, Polovinka VS, Kryukov EV. Present aspects of thrombolytic therapy of pulmonary artery thromboembolism. Clinical Medicine. 2021; 99(1): 6–14. (In Russ.)] doi: 10.30629/0023–2149–2021–99–1–6–14.
12. Никулина Н.Н., Тереховская Ю.В., Якушин С.С. Антитромботическая терапия и ближайший прогноз тромбоэмболии легочной артерии в рутинной клинической практике (данные регионального сосудистого центра Рязанской области) // Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. – 2022. – Т.18. – №2. – С.135–142. [Nikulina NN, Terekhovskaya YuV, Yakushin SS. Antithrombotic Therapy and the Nearest Forecast of Pulmonary Embolism in Routine Clinical Practice (Data of the Regional Vascular Center of the Ryazan Region). Rational Pharmacotherapy in Cardiology 2022; 18(2): 135–142. (In Russ.)] doi: 10.20996/1819–6446–2022–04–13.
13. Федоров С.А., Медведев А.П., Целоусова Л.М. и др. Непосредственные результаты хирургического лечения тромбоэмболии легочной артерии высокого и промежуточно высокого риска в группе пациентов пожилого и старческого возраста // Клиническая медицина. –2021. – Т.99. – №7–8. – С.451–456. [Fedorov SA, Medvedev AP, Tselousova LM, et al. Immediate

- results of surgical treatment of high and intermediate risk pulmonary embolism in elderly and senile patients. *Clinical Medicine*. 2021; 99(7-8): 451-456. (In Russ.) doi: 10.30629/0023-2149-2021-99-7-8-451-456.
14. Васильцева О.Я., Едемский А.Г., Гранкин Д.С. и др. Путь от тромбозмболии легочной артерии к хронической тромбоэмболической легочной гипертензии: факторы риска // Патология кровообращения и кардиохирургия. – 2021. – Т.25. – №3. – С.11-19. [Vasil'tseva OYa, Edemskiy AG, Grankin DS, et al. From pulmonary embolism to chronic thromboembolic pulmonary hypertension: risk factors. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya*. Circulation Pathology and Cardiac Surgery. 2021; 25(3): 11-19. (In Russ.)] doi: 10.21688/1681-3472-2021-3-11-19.
 15. Klok F, Delcroix M, Bogaard H. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension from the perspective of patients with pulmonary embolism. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*. 2018; 16: 1040-1051. doi: 10.1111/jth.14016.
 16. Чаулин А.М., Карслан Л.С., Дупляков Д.В. Некоронарогенные причины повышения тропонинов в клинической практике. *Клиническая практика*. – 2019. – Т.10. – №4. – С.81-93. [Chaulin AM, Karslyan LS, Duplyakov DV. Non-Coronarogenic Causes of Increased Cardiac Troponins in Clinical Practice. *Journal of Clinical Practice*. 2019; 10(4): 81-93. (In Russ.)] doi: 10.17816/clinpract16309.
 17. Затевахин И.И., Кириенко А.И., Стойко Ю.М. и др. Российские клинические рекомендации по диагностике и лечению хронических заболеваний вен // Флебология. – 2018. – Т.12. – №3. – С.146-240. [Zatevakhin II, Kiriienko AI, Stoiko YuM, et al. Diagnostics and Treatment of Chronic Venous Disease: Guidelines of Russian Phlebological Association. *Flebologiya*. 2018; 12(3): 146-240. (In Russ.)] doi: 10.17116/flebo20180731146.
 18. Кочмарева Е.А., Кокорин В.А., Волкова А.Л. и др. Предикторы краткосрочных осложнений тромбозмболии легочной артерии высокого и промежуточного риска // Российский кардиологический журнал. – 2017. – №9. – С.7-12. [Kochmareva EA, Kokorin VA, Volkova AL, et al. Predictors of short term outcomes in high and moderate risk pulmonary thromboembolism. *Russian Journal of Cardiology*. 2017; 9: 7-12. (In Russ.)] doi: 10.15829/1560-4071-2017-9-7-12.
 19. Delmas C, Aissaoui N, Meneveau N, et al. Reperfusion therapies in pulmonary embolism-state of the art and expert opinion: A position paper from the "Unité de Soins Intensifs de Cardiologie" group of the French Society of Cardiology. *Arch Cardiovasc Dis*. 2020; 11: 749-759. doi: 10.1016/j.acvd.2020.06.002.
 20. Подлипаева А.А., Муллова И.С., Павлова Т.В. и др. Новые биологические маркёры диагностики и прогнозирования риска смерти у пациентов с тромбозмболией лёгочной артерии // Российский кардиологический журнал. – 2020. – Т.25. – №4S – С.4202. [Podlipaeva AA, Mullova IS, Pavlova TV, et al. Novel biological markers for the diagnosis and prediction of mortality risk in patients with pulmonary embolism. *Russian Journal of Cardiology*. 2020; 25(4S): 4202. (In Russ.)] doi: 10.15829/1560-4071-2020-4202.
 21. Barco S, Mahmudpur SH, Plunketka B, et al. Prognostic value of right ventricular dysfunction or elevated cardiac biomarkers in patients with low-risk pulmonary embolism: a systematic review and meta-analysis. *European Heart Journal*. 2019; 11: 902-910. doi: 10.1093/eurheartj/ehy873.
 22. Нетылько Ю.Э., Тетерина М.А., Писарюк А.С. и др. Прогностическое значение эхокардиографических параметров у пациентов с тромбозмболией легочной артерии // Клиническая фармакология и терапия. – 2021 – Т.30. – №3. – С.52-56. [Netylko J, Teterina M, Pisaryuk A, et al. Prognostic value of echocardiographic parameters in patients with pulmonary embolism. *Klinicheskaya farmakologiya i terapiya*. 2021; 30(3): 52-56 (In Russ.)] doi: 10.32756/0869-5490-2021-3-52-56.
 23. Панченко Е.П., Балахонova Т.В., Данилов Н.М. и др. Диагностика и лечение тромбозмболии легочной артерии: клинические рекомендации Евразийской ассоциации кардиологов для практических врачей (2021) // Евразийский кардиологический журнал. – 2021. – №1. – С.44-77. [Panchenko EP, Balahonova TV, Danilov NM, et al. Diagnosis and Management of pulmonary embolism: Eurasian Association of Cardiology (EAC) Clinical Practice Guidelines (2021). *Eurasian heart journal*. 2021; 1: 44-77. (In Russ.)] doi: 10.38109/2225-1685-2021-1-44-77.
 24. Джиоева О.Н., Орлов Д.О., Никитин И.Г. Эхокардиография в неотложной кардиологии. Часть 2. Ультразвуковое исследование сердца и легких // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. – 2020. – Т.9. – №3. – С.49-58. [Dzhioeva ON, Orlov DO, Nikitin IG. Echocardiography in acute cardiovascular care. Part 2. Cardiac and lung ultrasound examination. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2020; 9(3): 49-58. (In Russ.)] doi: 10.17802/2306-1278-2020-9-3-49-58.
 25. Авдеев С.Н., Барбараш О.Л., Баутин А.Е. и др. Легочная гипертензия, в том числе хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия. Клинические рекомендации 2020 // Российский кардиологический журнал. – 2021. – Т.26. – №12. – С.4683. [Avdeev SN, Barbarash OL, Bautin AE, et al. 2020 Clinical practice guidelines for Pulmonary hypertension, including chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Russian Journal of Cardiology*. 2021; 26(12): 4683. (In Russ.)] doi: 10.15829/1560-40712021-4683.
 26. Burgos LM, Scatularo CE, Cigalini IM, et al. The addition of echocardiographic parameters to PESI risk score improves mortality prediction in patients with acute pulmonary embolism: PESI-Echo score // *European Heart Journal Acute Cardiovascular Care*. 2021; 10(3): 250-257. doi: 10.1093/ehjacc/zuaa007.
 27. Lahham S, Fox JC, Thompson M, et al. Tricuspid annular plane of systolic excursion to prognosticate acute pulmonary symptomatic embolism (TAP-SEPAPSE study). *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2019; 38(3): 695-702. doi: 10.5811/westjem.2019.11.44968.
 28. Lyhne MD, Kabrhel C, Giordano N, et al. The echocardiographic ratio tricuspid annular plane systolic excursion/pulmonary arterial systolic pressure predicts short-term adverse outcomes in acute pulmonary embolism. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2021; 22(3): 285-294. doi: 10.1093/ehjci/jeaa243.
 29. Эрлих А.Д., Барбараш О.Л., Бернс С.А. и др. Шкала SIRENA для оценки риска госпитальной смерти у пациентов с острой лёгочной эмболией // Российский кардиологический журнал. – 2020 – Т.25. – №4S. – С.4231. [Erlikh AD, Barbarash OL, Berns SA, et al. SIRENA score for in-hospital mortality risk assessment in patients with acute pulmonary embolism. *Russian Journal of Cardiology*. 2020; 25(4S): 4231 (In Russ.)] doi: 10.15829/1560-4071-2020-4231.
 30. Баутин А.Е., Осовских В.В. Острая правожелудочковая недостаточность // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2018. – Т.15. – №5. – С.74-86. [Bautin AE, Osovskikh VV. Acute right ventricular failure. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*. 2018; 15(5): 74-86. (In Russ.)] doi: 10.21292/2078-5658-2018-15-5-74-86.
 31. Bartholomew JR. Pulmonary Embolism in the Intensive Care Unit: Therapy in Subpopulations. *Crit Care Clin*. 2020; 36(3): 547-60. doi: 10.1016/j.ccc.2020.03.001.
 32. Kaplovitch E, Shaw JR, Douketis J. Thrombolysis in Pulmonary Embolism: An Evidence-Based Approach to Treating Life-Threatening Pulmonary Emboli. *Crit Care Clin*. 2020; 36(3): 465-80. doi: 10.1016/j.ccc.2020.02.004.
 33. Пронин А.Г., Сивохина Н.Ю., Гончаров М.А. Перегрузка правого желудочка у больных тромбозмболией легочной артерии: анализ новых критериев оценки // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова – 2023. – Т.31. – №5. – С.415-426. [Pronin AG, Sivokhina NYu, Goncharov MA. Overload of the right ventricle in patients with pulmonary embolism: analysis of new evaluation criteria. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2023; 31(3): 415-426. (In Russ.)] doi: 10.17816/PAVLOVJ119868.
 34. Пронин А.Г., Сивохина Н.Ю. Корригированный индекс градиента давления на клапане легочной артерии у больных тромбозмболией легочной артерии // Медицинский вестник МБД. – 2023. – Т.123. – №2. – С.27-31. [Pronin AG, Sivokhina NYu, Corrected pressure gradient index on the pulmonary artery valve in patients with pulmonary embolism. *MIA Medical Bulletin*. 2023; 123(2): 27-31. (In Russ.)] doi: 10.52341/20738080_2023_123_2_27.
 35. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.1. Механика. Учебное пособие для вузов. – М.: Физматлит, 2020. – 560 с. [Sivukhin DV. General course of physics. V.I. Mechanics. Textbook for universities. Moscow: Fizmatlit, 2020. 560 p. (In Russ.)]
 36. Евлахов В.И., Пуговкин А.П., Рудакова Т.Л., Шалковская Л.Н. Введение в физиологию сердца. – СПб: СпецЛит, 2019 – 311 с. [Yevlakhov VI, Pugovkin AP, Rudakova TL, Shalakovskaya LN. Introduction to the physiology of the heart. SPb: SpetsLit, 2019. 311 p. (In Russ.)]
 37. Кульчиев А.А., Морозов А.А., Кульчиева Л.М. Визуализационная диагностика тромбозмболии легочной артерии // Главный врач Юга России – 2021. – Т.76. – №1. – С.9-14. [Kul'chiev AA, Morozov AA, Kul'chieva LM. Visualization diagnostics of pulmonary thromboembolism. *Chief physician of the South of Russia*. 2021; 76(1): 9-14 (In Russ.)]
 38. Шляхто Е.В. Кардиология. Национальное руководство. Краткое издание. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. – С.816. [Shlyakhto EV. Cardiology. National leadership. Short edition. Moscow: GEOTAR-Media. 2019: 816. (In Russ.)]