Merkulova I.A.[1], Germanov N. S.[1], Bashankaeva Z. B.[1], Yavelov I. S.[2], Pevzner D. V.[1], Boytsov S. A.[1]

[1] Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russia

[2] National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russia

# Pulmonary Embolism: Current Challenges and Future Directions

Pulmonary embolism (PE) is a complex emergency condition, the diagnosis and treatment of which still have many unresolved issues and "gray areas". Current clinical guidelines for the management of patients with PE are partly outdated and do not take into account a number of modern data. In this review, the authors identified unresolved issues and provided the latest data on the assessment of pre-test probability, risk stratification, diagnosis and treatment of acute PE, particularly in patients with intermediate-high and high risk of death. The issues of reperfusion catheter techniques and intensive care are addressed individually. The requirement for specialized PE centers of expert level and their prospects are discussed.

*Keywords* Pulmonary embolism; PE; catheter reperfusion; systemic thrombolytic therapy; pre-test probability; risk stratification

*For citations* Merkulova I.A., Germanov N.S., Bashankaeva Z.B., Yavelov I.S., Pevzner D.V., Boytsov S.A. Pulmonary Embolism: Current Challenges and Future Directions. Kardiologiia. 2025;65(7):74–82. [Russian: Меркулова И.А., Германов Н.С., Башанкаева З.Б., Явелов И.С., Певзнер Д.В., Бойцов С.А. ТЭЛА: современные вызовы и перспективы. Кардиология. 2025;65(7):74–82].

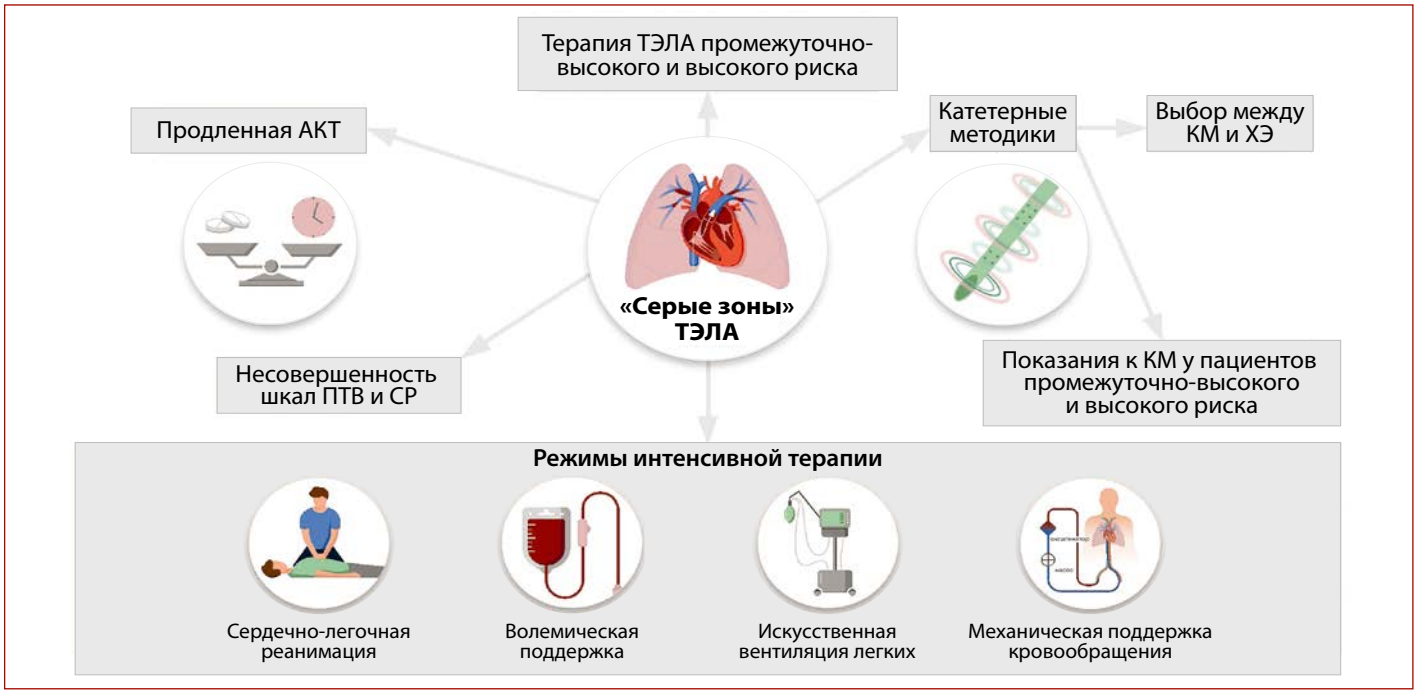
*Corresponding author* Germanov Nikolay Stanislavovich. E-mail: n.s.germanov@gmail.com

## Введение

Тромбоэмболия легочных артерий (ТЭЛА) – острое жизнеугрожающее состояние, занимающее третье место в структуре смертности от сердечно-сосудистых заболеваний в мире [1].

На сегодняшний день в РФ не существует одобренных Министерством здравоохранения РФ клинических рекомендаций по ведению пациентов с ТЭЛА. Эта проблема освещена в рекомендациях Евразийского общества кардиологов 2021 г., а также в российских рекомендациях по венозным тромбоэмболическим осложнениям (ВТЭО) 2015 г., подготовленных Ассоциациями флебологов и сердечно-сосудистых хирургов России, а также другими медицинскими сообществами [2, 3]. Оте-

Центральная иллюстрация. Тромбоэмболия легочных артерий: современные вызовы и перспективы




ТЭЛА – тромбоэмболия легочных артерий, АКТ – антикоагулянтная терапия, КМ – катетерные методики, ХЭ – хирургическая эмболэктомия, ПТВ – предтестовая вероятность, СР – стратификация риска.



ISSN 0022-9040. Kardiologiia. 2025;65(7). DOI: 10.18087/cardio.2025.7.n2885

чественные и зарубежные рекомендации длительное время не обновлялись, при том, что в последние годы активно внедряются новые подходы к лечению и диагностике ТЭЛА. Текущие рекомендации также имеют ряд существенных «серых зон»: реперфузионные катетерные методики, тактика ведения пациентов с промежуточно-высоким риском смертельного исхода, нюансы антикоагулянтной и интенсивной терапии. Это делает необходимым обновление клинических рекомендаций, в разработке которых приняли бы участие экспертные многопрофильные команды.

В данном обзоре авторами представлены актуальные данные по аспектам диагностики и лечения острой ТЭЛА, обозначены нерешенные проблемы, а также предложены пути их решения.

## Диагностика: основные трудности

Диагностика ТЭЛА нередко затруднительна ввиду отсутствия патогномоничных симптомов и сложности дифференциального диагноза. Так, ТЭЛА – второй по частоте пропущенный или отсроченный диагноз [4]. Частота посмертной диагностики среди пациентов отделения интенсивной терапии может достигать 38% [5].

Трудности диагностики ТЭЛА связаны с многообразием клинических проявлений: от бессимптомного течения до внезапной сердечной смерти. Согласно исследованиям PIOPED I и II, частота встречаемости кашля при острой ТЭЛА составила 37%, ортопноэ – 28%, боли в области голени и/или бедра – 44%, кровохарканья – 13%. В 27% случаев не наблюдалось даже одышки [6, 7]. Среди ошибочных диагнозов при жизни регистрировались респираторные инфекции, острый коронарный синдром, хроническая сердечная недостаточность, обострение хронической обструктивной болезни легких и тревожные расстройства [5].

Неспецифическая клиническая картина ТЭЛА приводит к отсроченной диагностике заболевания. В ретроспективном исследовании было выявлено, что диагноз ТЭЛА устанавливался в течение одного дня от дебюта симптомов только в 22% случаев, в 24% – спустя более одной недели, в 6% – более месяца [8].

В связи с широким распространением КТ-ангиопульмонографии (КТ-АПГ) стала актуальной проблема гипердиагностики ТЭЛА [9, 10]. Согласно метаанализу использование мультиспиральной КТ-АПГ по сравнению с односпиральными аналогами увеличило частоту диагностики субсегментарной ТЭЛА [11]. Однако неизвестно, превышает ли в данном случае польза от лечения антикоагулянтами геморрагические риски [12].

### *Предтестовые шкалы и алгоритмы исключения ТЭЛА*

Первым этапом при подозрении на ТЭЛА при отсутствии гемодинамической нестабильности является оценка предтестовой вероятности (ПТВ) с использованием валидированных шкал. Также клинические рекомендации допускают возможность только субъективной оценки вероятности ТЭЛА без применения специальных шкал [13].

Модели оценки ПТВ ТЭЛА можно разделить на три группы: шкалы без оценки концентрации D-димера в крови (шкала Wells, модифицированная Женевская шкала (МЖШ)), шкалы с фиксированным порогом D-димера и шкалы с пороговой концентрацией D-димера, скорректированной с учетом возраста или клинических факторов (алгоритмы YEARS, ADJUST-PE, PEGeD). Разработан ряд подходов для исключения ТЭЛА: алгоритмы PERC и 4PEPS.

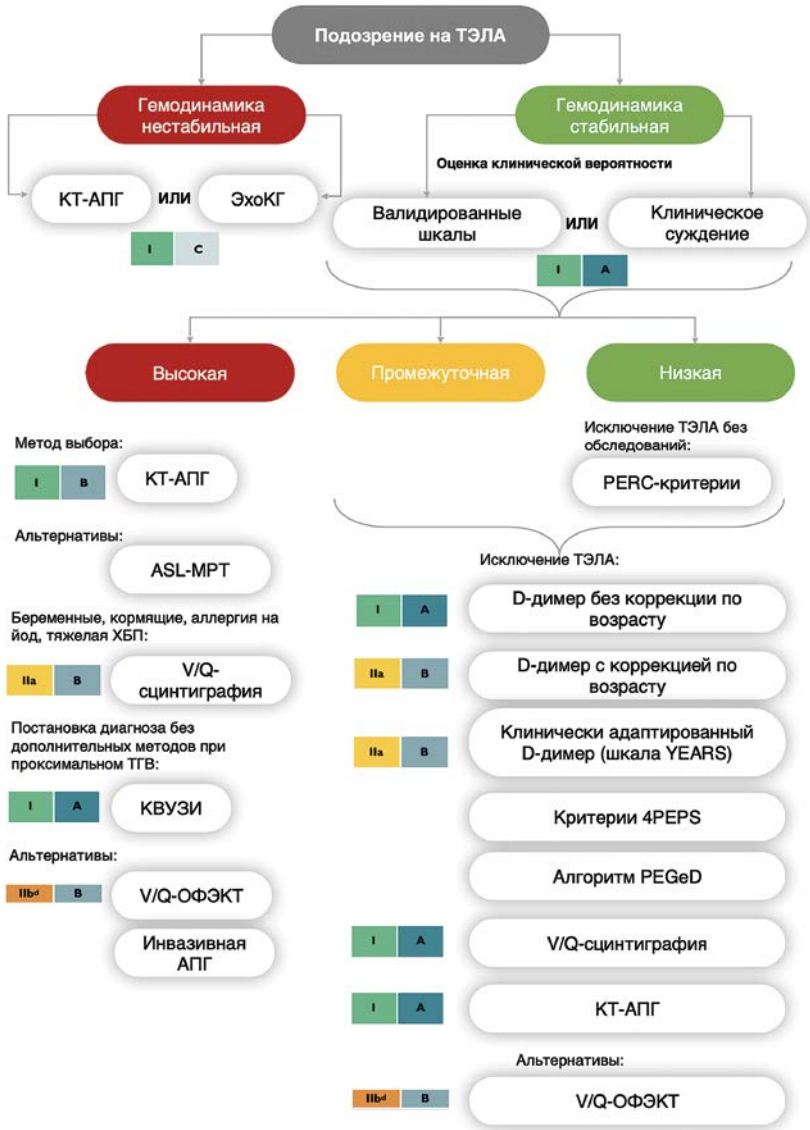
МЖШ и шкала Wells – наиболее распространенные инструменты оценки ПТВ ТЭЛА. Сравнительные исследования свидетельствуют об их сходной диагностической ценности [14, 15]. Тем не менее применение этих шкал у пациентов отделения интенсивной терапии ненадежно: в исследовании площадь под характеристической кривой составила 0,63 и 0,55 соответственно [16].

У больных с невысокой ПТВ ТЭЛА увеличить отрицательную прогностическую ценность (ОПЦ) шкал позволяет оценка уровня D-димера. Использование шкалы Wells совместно с фиксированным порогом D-димера, измеренного экспресс-тестом, позволило исключить ТЭЛА в группе с низкой ПТВ с долей ложноотрицательных результатов 1,5% (≤4 баллов по шкале Wells) и 1,2% (<2 баллов) [17]. В исследовании PROMETHEUS в группе низкой вероятности ТЭЛА доля ложноотрицательных результатов составила 0,5% при использовании стандартных шкал с дополнительным учетом уровня D-димера (<500 мкг/л) [18].

МЖШ совместно с возраст-зависимыми порогами D-димера для исключения ТЭЛА позволяет снизить потребность в КТ-АПГ на 10% [19]. В исследовании ADJUST-PE у больных с невысокой ПТВ оценка возраст-зависимого порогового уровня Д-димера вместо фиксированного значения 500 мкг/л позволила исключить ТЭЛА у большего количества пациентов при том же количестве ложноотрицательных результатов [20].

Многообещающими представляются модели, предлагающие различные пороговые значения D-димера, коррелирующие с баллами по шкалам ПТВ ТЭЛА. Алгоритм YEARS включает 3 критерия из шкалы Wells и фиксированный пороговый уровень D-димера в зависимости от количества набранных клинических баллов [21]. Преимущество данной шкалы – снижение необходимости проведения КТ-АПГ на 11,4% [22]. При повы-

**Рисунок 1.** Обобщенный диагностический алгоритм при подозрении на ТЭЛА: адаптирован из рекомендаций Европейского кардиологического общества 2019 г., с дополнениями [34]




ТЭЛА – тромбоэмболия легочных артерий, КТ-АПГ – компьютерная томографическая ангиопульмонография, ЭхоКГ – эхокардиография, V/Q-сцинтиграфия – вентиляционно-перфузионная сцинтиграфия, V/Q-ОФЭКТ – вентиляционно-перфузионная однофотонная эмиссионная компьютерная томография, МРТ – магнитно-резонансная томография, КВУЗИ – компрессионное ультразвуковое исследование вен.

шении доступности, чувствительности и специфичности прикроватных анализаторов D-димера данная шкала представляется перспективной для догоспитального применения.

Алгоритм PEGeD позволяет исключить ТЭЛА при низкой ПТВ (оцененной по модифицированной шкале Wells) и уровне D-димера <1000 нг/мл или <500 нг/мл при умеренной ПТВ. Данная стратегия снизила использование КТ-АПГ до 34,3% [23]. Частота ложноотрицательных результатов составила 2–3% [24, 25].

В 2004 г. был предложен алгоритм исключения ТЭЛА PERC, включающий 8 клинических критериев: возраст, характеристика отеков, прием эстрогенов и др. [26]. В проспективном валидирующем исследовании показано, что его использование среди пациентов с низкой клинической ПТВ (<15% по МЖШ) позволяет исключить ТЭЛА с долей ложноотрицательных результатов 1,2% [27], однако по другим данным – 6,4% [28].

Алгоритм исключения 4PEPS разделяет пациентов на 4 категории вероятности наличия ТЭЛА. Для пациентов с очень низкой вероятностью ТЭЛА диагноз можно исключить на основании клинических данных; при низкой вероятности – уровень D-димера <1000 нг/мл, при промежуточной – <500 нг/мл или менее порогового, скорректированного по возрасту; при высокой – в случае отрицательного результата КТ-АПГ [29]. Валидация данного алгоритма в двух когортах выявила долю ложноотрицательных результатов 0,71 и 0,89%, а также снижение абсолютного числа проведенных КТ-АПГ на 19 и 22% соответственно [30].

Все вышеупомянутые шкалы и алгоритмы обладают рядом ограничений. В метаанализе по безопасности применения МЖШ, шкалы Wells и алгоритма YEARS для исключения ТЭЛА наилучшая ОПЦ была показана при применении среди пациентов <40 лет и наименьшая для пожилых (>80 лет) и онкологических пациентов [31]. В связи с этим для оценки ПТВ среди пациентов >65 лет была разработана номограмма, включающая размеры левого предсердия и легочной артерии. Такая модификация показала наилучшую эффективность по сравнению с МЖШ и шкалой Wells (площадь под характеристической кривой составила 0,76, 0,61 и 0,54 соответственно) [32].

Помимо объективных ограничений, недостатком текущих шкал ПТВ является низкая приверженность к ним. Так, критерии шкалы Wells не используются совсем или оцениваются некорректно у 80% пациентов [33]. Решение об индивидуальной целесообразности применения шкал ПТВ ТЭЛА всецело ложится на плечи врача, что может приводить к предвзятости.

На данный момент не существует оптимального подхода к оценке ПТВ ТЭЛА. Многие шкалы и алгоритмы имеют значительные ограничения, высокую частоту ложноотрицательных результатов или некорректного использования. Требуются их дальнейшая валидация


ISSN 0022-9040. Kardiologiia. 2025;65(7). DOI: 10.18087/cardio.2025.7.n2885

**Таблица 1.** Алгоритм стратификации риска летального исхода при ТЭЛА: рекомендации Европейского кардиологического общества 2019 г. [34]

| Риск ранней смерти | Ключевые параметры | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Гемодинамическая нестабильность[1] | PESI классы III–IV или sPESI>1 | Дисфункция ПЖ (по данным ТТ-ЭхоКГ или КТ)[2] | Повышенный уровень сердечных тропонинов в крови |
| Высокий | + | (+)* | + | (+)* |
| Промежуточно-высокий | – | + ** | + | + |
| Промежуточно-низкий | – | + ** | Присутствует только один или оба отсутствуют | |
| Низкий | – | – | – | Оценка необязательна, либо не повышен |

[1] – остановка сердца, обструктивный шок, персистирующая гипотония; [2] – прогностически неблагоприятные признаки; * – при нестабильности гемодинамики определение не требуется; ** – при значениях PESI I–II или sPESI 0 достаточным является выявление дисфункции ПЖ и/или повышенного уровня тропонинов в крови.

и сравнительные проспективные исследования с целью выработки наиболее эффективных протоколов для различных клинических ситуаций.

## Диагностика: инструментальные методы

При высокой ПТВ или невысокой клинической вероятности и повышенном уровне D-димера следующий этап включает инструментальные методы диагностики, прежде всего КТ-АПГ [34]. В систематическом обзоре 2020 г. было проведено сравнение точности инструментальных методов диагностики ТЭЛА, и наибольшую чувствительность и специфичность показала именно КТ-АПГ – 94 и 98% соответственно [35].

В клинических рекомендациях предложены альтернативные способы диагностики ТЭЛА: вентиляционно-перфузионная (V/Q) сцинтиграфия легких, однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ), инвазивная ангиография (рис. 1).

Открыт вопрос о целесообразности применения магнитно-резонансной томографии (МРТ) в диагностике ТЭЛА. В исследовании 2023 г. МРТ в режиме маркировки артериальных спинов показала 92% чувствительность и 95% специфичность [36]. Другим перспективным бесконтрастным МРТ-методом является прямая визуализация тромба, обладающая высокой специфичностью (90–92%) и чувствительностью (94–96%) [37, 38].

У гемодинамически нестабильных пациентов с подозрением на ТЭЛА первая линия – трансторакальная ЭхоКГ (ТТ-ЭхоКГ), позволяющая провести быструю дифференциальную диагностику гипотонии и шока. Диагностическая ценность метода для гемодинамически стабильных пациентов остается спорной: диагноз может быть подтвержден только в редких случаях визуализации тромба в правых отделах сердца или легочных артериях [39]. У этой категории больных ТТ-ЭхоКГ играет роль в дифференциальной диагностике и позволяет различить пациентов промежуточно-низкого и промежуточно-высокого риска [34, 40].

Все большее распространение приобретает догоспитальная фокусная ультразвуковая диагностика. Внедрение обучения фокусным протоколам ТТ-ЭхоКГ врачей и фельдшеров скорой медицинской помощи (СМП) позволит усовершенствовать догоспитальную диагностику гемодинамически нестабильных пациентов с подозрением на ТЭЛА и оптимизировать маршрутизацию [41].

## Стратификация риска и маршрутизация

Следующий этап после верификации ТЭЛА – стратификация риска летального исхода с определением правильной маршрутизации и подходящей тактики лечения (табл. 1).

В клинических рекомендациях Европейского кардиологического общества (ЕКО) 2019 г. разграничение между больными с промежуточным и низким риском смертельного исхода проводится по шкале PESI или ее упрощенной версии – sPESI [34]. Шкала sPESI значительно проще и быстрее в использовании и показывает сопоставимую дискриминативную силу [42]. Несмотря на высокую чувствительность, обе шкалы имеют низкую специфичность [43]. Также эти модели в значительной степени зависят от пола и наличия сопутствующих заболеваний, но не степени тяжести ТЭЛА [44].

Помимо маршрутизации, стратификация риска позволяет определить объем медицинских вмешательств и выделить особые группы, например, стабильных пациентов с высоким риском декомпенсации гемодинамики. Гемодинамически стабильные пациенты с ТЭЛА представляют собой крайне гетерогенную группу: от амбулаторных больных до пациентов, у которых возникнет потребность в реперфузионной терапии, несмотря на антикоагулянтную терапию [45]. Для дополнительной стратификации риска исследуются альтернативные шкалы: Bova, FAST, TELOS, NEWS2, а также алгоритмы стратификации риска ESC-2014, ESC-2019 и PEITHO [46–48].

Дополнением к клиническим данным является повышенный уровень тропонина I или T, коррелирующий с увеличением летальности при ТЭЛА в 2,5 раза [49]. Выявлена ассоциация между повышенным уровнем высокочувствительного тропонина I и переводом в отделение реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) (относительный риск 3,7; 95% доверительный интервал 2,1–6,5) [50].

Улучшить точность стратификации риска может учет маркеров гипоперфузии [44, 51, 52]. Уровень лактата <2,3 ммоль/л имеет высокую ОПЦ среди пациентов промежуточно-низкого риска, а уровень выше 3,3 ммоль/л ассоциировался с повышенной частотой осложнений у больных промежуточно-высокого риска [51]. Повышенный уровень маркеров сердечной недостаточности (натрийуретический пептид типа B или N-терминальный про-B-натрийуретический пептид) также дает дополнительную прогностическую информацию, однако эти биомаркеры не учитывались в рандомизированных клинических исследованиях и сейчас не рекомендуются для широкого применения [53].

## Лечение ТЭЛА высокого и промежуточно-высокого риска: доступные методики и «серые зоны»

Лечение ТЭЛА включает множество лекарственных и инструментальных вмешательств: реперфузионная терапия (системная тромболитическая терапия (сТЛТ), реперфузионные катетерные методики (КМ), хирургическая тромбэктомия (ХЭ)), антикоагулянтная терапия (АКТ), респираторная поддержка (РП), механическая поддержка кровообращения (МПК) и др. Выбор лечения основывается на стратификации риска и наличии сопутствующих заболеваний.

### *ТЭЛА высокого риска*

Медикаментозная и инструментальная реперфузия – основные подходы к лечению ТЭЛА высокого риска. Главный среди них – системный тромболизис. В исследовании, включавшем 885 тыс. пациентов с диагностированной ТЭЛА любого риска, частота проведения сТЛТ составила 4,4%, ХЭ – 0,15%, КМ – 0,06% [54].

Все большее применение в лечении ТЭЛА находит катетерная реперфузия: аспирационная, реолитическая, фрагментационная, тромболизис с применением высокочастотного ультразвука, а также in situ катетер-направленный (селективный) тромболизис. Данные методики обладают рядом преимуществ: меньшая продолжительность инфузии и меньшая доза тромболитических препаратов или удаление тромбов без ТЛТ с более быстрым достижением терапевтического эффекта [55].

Селективный тромболизис ассоциирован со значительно меньшей частотой осложнений, однако лидирующее место по-прежнему занимают пери- и постпроцедуральные кровотечения [56]. Фрагментационная тромбэктомия несет относительно более высокие риски, так как способна привести к перфорации правого желудочка [57]. Среди всех КМ самыми бюджетными являются in situ и УЗ-ассистированный тромболизис, причем в РФ доступен только последний [58].

Проведено несколько сравнительных исследований КМ относительно других тактик: метаанализ показал более низкую 30-дневную летальность (7,3 и 13,6% соответственно) и частоту крупных кровотечений при применении КМ в сравнении с сТЛТ [59].

Катетерные методики в отечественных клинических рекомендациях упоминаются вскользь, в европейских – как «недостаточно изученные». Рекомендации ЕКО 2019 г. определяют следующий круг показаний к КМ: как альтернатива жизнеспасающей ТЛТ у гемодинамически ухудшающихся пациентов, в комбинации с экстракорпоральной мембранной оксигенацией (ЭКМО) в случае рефрактерного циркуляторного коллапса или внезапной остановки кровообращения, а также в группе высокого риска при невозможности/неэффективности проведения сТЛТ [34]. В последней когорте критерии выбора между ХЭ и КМ в рекомендациях не описаны.

В клинических рекомендациях МЗ РФ 2015 г. по ВТЭО ХЭ рекомендуется при критических расстройствах гемодинамики, тяжелой острой сердечно-легочной недостаточности и массивном поражении легочных артерий, а также при невозможности/неэффективности сТЛТ [2]. Подобная открытая хирургия требует искусственного кровообращения, специально обученного персонала с круглосуточной доступностью и ассоциирована с высоким риском пери- и постпроцедуральных кровотечений [60]. Общую внутригоспитальную летальность после ХЭ оценить затруднительно ввиду гетерогенности пациентов, ориентировочно по текущим данным она составляет 4,2–26,3% [61].

Важное значение в лечении пациентов с ТЭЛА с шоком и/или остановкой сердца в качестве терапии моста имеет вено-артериальная (ВА) ВА-ЭКМО [34]. В метаанализе пациенты с такой ТЭЛА, которым проводилась катетерная реперфузия и ЭКМО, имели статистически значимо меньшую летальность по сравнению с группой ЭКМО и сТЛТ (28,6 и 57,0% соответственно). Общая выживаемость пациентов на ЭКМО в сравнении с консервативной терапией оказалась статистически значимо выше [62]. Также в серии из 6 клинических случаев было описано успешное применение ЭКМО при сердечно-легочной реанимации (ЭКМО-СЛР) в сочетании с инфузией гепарина при ТЭЛА [63].

Нуждаются в уточнении и другие аспекты интенсивной терапии гемодинамически нестабильных пациен-


ISSN 0022-9040. Kardiologiia. 2025;65(7). DOI: 10.18087/cardio.2025.7.n2885

тов с ТЭЛА. В клинических рекомендациях ЕКО 2019 г. описаны режимы медикаментозной и инфузионной поддержки гемодинамики, но доказательная база остается скромной, прежде всего в отношении добутамина, левосимендана, силденафила и ингаляций оксида азота [34, 64]. Режимы механической вентиляции легких, за исключением рекомендуемого дыхательного объема, в клинических рекомендациях не описаны.

### *ТЭЛА промежуточно-высокого риска*

Для гемодинамически стабильных пациентов промежуточно-высокого риска также остается множество «серых зон»: место сТЛТ, в том числе низкодозовой, и КМ в данной когорте.

В контексте сТЛТ у больных промежуточно-высокого риска исследование PEITHO-1 показало снижение частоты гемодинамических осложнений в группе сТЛТ (тенектеплаза) по сравнению со стандартной терапией (1,6 и 5,0% соответственно; p<0,002), но возросла частота значимых кровотечений, в том числе интракраниальных (11,5 и 2,4% соответственно; p<0,001). При анализе подгрупп было выявлено, что у мужчин и пациентов моложе 75 лет преимущество по частоте гемодинамической декомпенсации сохраняется при отсутствии различий по частоте кровотечений между группами, что актуализирует индивидуализированный подход к принятию решений [65].

Существуют теоретические основания предполагать, что проведение низкодозового системного тромболизиса может способствовать сохранению позитивных эффектов методики при более низкой частоте кровотечений. Проводится исследование PEITHO-3, в котором применение низкодозового тромболизиса будет сравниваться со стандартной терапией острой ТЭЛА промежуточно-высокого риска [66].

Клинические рекомендации не регламентируют применение КМ у больных промежуточно-высокого риска, так как датируются периодом с небольшой накопленной доказательной базой по использованию КМ в данной когорте. В исследовании ULTIMA ультразвуковой тромболизис показал большее по сравнению со стандартной терапией гепарином снижение соотношения размеров ПЖ/ЛЖ через 24 ч у пациентов с ТЭЛА промежуточного риска [67]. Однако отдельно группа промежуточно-высокого риска в структуре исследования не анализировалась.

В исследовании CANARY планировалось сравнить эффективность монотерапии антикоагулянтами с комбинацией КМ и АКТ у пациентов с ТЭЛА промежуточно-высокого риска. Несмотря на досрочное прекращение исследования в связи с пандемией COVID-19, по предварительным результатам, в группе комбинированной терапии наблюдалось более выраженное снижение индекса ПЖ/ЛЖ [68]. Проводятся новые рандомизированные исследования по эффективности КМ в группе пациентов промежуточно-высокого риска: HI-PEITHO, PETRACT и др.

Таким образом, в отечественных и зарубежных клинических рекомендациях содержится большое количество «серых зон»: применение КМ и сТЛТ у пациентов с ТЭЛА промежуточно-высокого риска, выбор между КМ и ХЭ у пациентов высокого риска при неэффективности/противопоказаниях к сТЛТ, режимы интенсивной терапии острой ТЭЛА.

## PERT-инициатива: новый шаг в лечении ТЭЛА

Существование обширного пласта лечебных методик и широкой вариативности их применения обусловливает необходимость индивидуализированного подхода к больным высокого и промежуточно-высокого риска ТЭЛА.

С 2013 года в США функционируют группы немедленного реагирования при ТЭЛА – pulmonary embolism response teams (PERT) – мультидисциплинарные врачебные бригады, дистанционно консультирующие по тактике ведения пациентов с ТЭЛА. Они включают в себя специалистов разных областей: кардиолог, сердечно-сосудистый хирург, пульмонолог, а также, в зависимости от конкретных учреждений, онколог-гематолог, радиолог, клинический фармаколог и реаниматолог [69].

Внедрение подобных специализированных бригад в США, Европе и некоторых азиатских странах, согласно метаанализу, снизило летальность пациентов с ТЭЛА промежуточного и высокого риска, а также значительно увеличило частоту использования продвинутых КМ [69]. В 2022 г. PERT объявила о международной кампании по аккредитации центров экспертного уровня.

Представляется целесообразным создание в России системы аналогичных экспертных центров по лечению ТЭЛА, работающих по модели «hub-and-spokes», по которой они принимали бы из менее оборудованных стационаров пациентов с ТЭЛА промежуточно-высокого и высокого риска, нуждающихся в высокотехнологичной помощи. Формирование сети экспертных ТЭЛА-центров и создание на их базе консультирующих бригад позволит оптимизировать маршрутизацию пациентов, организовать научно-образовательную базу, а также сформировать и реализовать актуальные клинические рекомендации.

## Заключение

ТЭЛА – комплексная патология, диагностика и лечение которой требует согласованных усилий большого числа специалистов и немедленной доступности соответствующих ресурсов. Требуется обновление клинических

рекомендаций в соответствии с актуальными данными о современных подходах к оценке предтестовой вероятности ТЭЛА, стратификации риска, реперфузионных методиках и нюансах интенсивной терапии. Наличие большого количества «серых зон», требующих изучения и прояснения, сложность ведения пациентов с гемодинамическими осложнениями, ограничения широкого распространения новейших методик и необходимость создания централизованной научно-исследовательской базы для обновления клинических рекомендаций неизбежно приводит к выводу о необходимости создания в России профильных ТЭЛА-центров экспертного уровня.

*No conflict of interest declared.*

**The article was received on 30/01/2025**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Nikulina N.N., Terekhovskaya Yu.V. Epidemiology of pulmonary embolism in today's context: analysis of incidence, mortality and problems of their study. Russian Journal of Cardiology. 2019;24(6):103–8. [Russian: Никулина Н.Н., Тереховская Ю.В. Эпидемиология тромбоэмболии легочной артерии в современном мире: анализ заболеваемости, смертности и проблем их изучения. Российский кардиологический журнал. 2019;24(6):103-8]. DOI: 10.15829/1560-4071-2019-6-103-108
2. Bokeriia L.A., Zatevakhin I.I., Kirienko A.I. et al. Russian clinical guidelines for the diagnosis, treatment, and prevention of venous thromboembolic complications. Flebology. 2015;4(2):1–52. [Russian: Бокерия Л.А., Затевахин И.И., Кириенко А.И. и др. Российские клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике венозных тромбоэмболических осложнений. Флебология. 2015;4(2):1–52]
3. Panchenko E.P., Balahonova T.V., Danilov N.M., Komarov A.L., Kropachyova E.S., Saidova M.A. et al. Diagnosis and management of pulmonary embolism Eurasian Association of Cardiology (EAC) clinical practice guidelines (2021). Eurasian Heart Journal. 2021;1(34):44–77. [Russian: Панченко Е.П., Балахонова Т.В., Данилов Н.М., Комаров А.Л., Кропачева Е.С., Саидова М.А. и др. Диагностика и лечение тромбоэмболии легочной артерии: клинические рекомендации Евразийской ассоциации кардиологов для практических врачей (2021). Евразийский Кардиологический Журнал. 2021;1(34):44–77]. DOI: 10.38109/2225-1685-2021-1-44-77
4. Gunderson CG, Bilan VP, Holleck JL, Nickerson P, Cherry BM, Chui P et al. Prevalence of harmful diagnostic errors in hospitalised adults: a systematic review and meta-analysis. BMJ Quality & Safety. 2020;29(12):1008–18. DOI: 10.1136/bmjqs-2019-010822
5. Kwok CS, Wong CW, Lovatt S, Myint PK, Loke YK. Misdiagnosis of pulmonary embolism and missed pulmonary embolism: A systematic review of the literature. Health Sciences Review. 2022;3:100022. DOI: 10.1016/j.hsr.2022.100022
6. PIOPED Investigators. Value of the Ventilation/Perfusion Scan in Acute Pulmonary Embolism: Results of the Prospective Investigation of Pulmonary Embolism Diagnosis (PIOPED). JAMA. 1990;263(20):2753–9. DOI: 10.1001/jama.1990.03440200057023
7. Gottschalk A, Stein PD, Goodman LR, Sostman HD. Overview of prospective investigation of pulmonary embolism diagnosis II. Seminars in Nuclear Medicine. 2002;32(3):173–82. DOI: 10.1053/snuc.2002.124177
8. Walen S, Damoiseaux RA, Uil SM, Van Den Berg JW. Diagnostic delay of pulmonary embolism in primary and secondary care: a retrospective cohort study. British Journal of General Practice. 2016;66(647):e444–50. DOI: 10.3399/bjgp16X685201
9. Wiener RS, Schwartz LM, Woloshin S. Time Trends in Pulmonary Embolism in the United States: Evidence of Overdiagnosis. Archives of Internal Medicine. 2011;171(9):831–7. DOI: 10.1001/archinternmed.2011.178
10. Kline JA, Garrett JS, Sarmiento EJ, Strachan CC, Courtney DM. Over-Testing for Suspected Pulmonary Embolism in American Emergency Departments: The Continuing Epidemic. Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes. 2020;13(1):e005753. DOI: 10.1161/CIRCOUTCOMES.119.005753
11. Carrier M, Righini M, Wells PS, Perrier A, Anderson DR, Rodger MA et al. Subsegmental pulmonary embolism diagnosed by computed tomography: incidence and clinical implications. A systematic review and meta-analysis of the management outcome studies. Journal of Thrombosis and Haemostasis. 2010;8(8):1716–22. DOI: 10.1111/j.1538-7836.2010.03938.x
12. Yoo HH, Queluz TH, El Dib R. Outpatient versus inpatient treatment for acute pulmonary embolism. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2014;11:CD010019. DOI: 10.1002/14651858.CD010019.pub2
13. Wells PS, Anderson DR, Rodger M, Stiell I, Dreyer JF, Barnes D et al. Excluding Pulmonary Embolism at the Bedside without Diagnostic Imaging: Management of Patients with Suspected Pulmonary Embolism Presenting to the Emergency Department by Using a Simple Clinical Model and d-dimer. Annals of Internal Medicine. 2001;135(2):98–107. DOI: 10.7326/0003-4819-135-2-200107170-00010
14. Chagnon I, Bounameaux H, Aujesky D, Roy P-M, Gourdier A-L, Cornuz J et al. Comparison of two clinical prediction rules and implicit assessment among patients with suspected pulmonary embolism. The American Journal of Medicine. 2002;113(4):269–75. DOI: 10.1016/S0002-9343(02)01212-3
15. Klok FA, Kruisman E, Spaan J, Nijkeuter M, Righini M, Aujesky D et al. Comparison of the revised Geneva score with the Wells rule for assessing clinical probability of pulmonary embolism. Journal of Thrombosis and Haemostasis. 2008;6(1):40–4. DOI: 10.1111/j.1538-7836.2007.02820.x
16. Girardi AM, Bettiol RS, Garcia TS, Ribeiro GLH, Rodrigues ÉM, Gazzana MB et al. Wells and Geneva Scores Are Not Reliable Predictors of Pulmonary Embolism in Critically Ill Patients: A Retrospective Study. Journal of Intensive Care Medicine. 2020;35(10):1112–7. DOI: 10.1177/0885066618816280
17. Geersing G-J, Erkens PMG, Lucassen WAM, Buller HR, Cate HT, Hoes AW et al. Safe exclusion of pulmonary embolism using the Wells rule and qualitative D-dimer testing in primary care: prospective cohort study. BMJ. 2012;345:e6564. DOI: 10.1136/bmj.e6564
18. Douma RA, Mos ICM, Erkens PMG, Nizet TAC, Durian MF, Hovens MM et al. Performance of 4 Clinical Decision Rules in the Diagnostic Management of Acute Pulmonary Embolism: A Prospective Cohort Study. Annals of Internal Medicine. 2011;154(11):709–18. DOI: 10.7326/0003-4819-154-11-201106070-00002
19. Mirabile A, Lucarelli NM, Sollazzo EP, Stabile Ianora AA, Sardaro A, Mirabile G et al. CT pulmonary angiography appropriateness in a single emergency department: does the use of revised Geneva score matter? La radiologia medica. 2021;126(12):1544–52. DOI: 10.1007/s11547-021-01416-x
20. Righini M, Van Es J, Den Exter PL, Roy P-M, Verschuren F, Ghuysen A et al. Age-Adjusted D-Dimer Cutoff Levels to Rule Out Pulmonary Embolism: The ADJUST-PE Study. JAMA. 2014;311(11):1117. DOI: 10.1001/jama.2014.2135
21. Van Der Hulle T, Cheung WY, Kooij S, Beenen LFM, Van Bemmel T, Van Es J et al. Simplified diagnostic management of suspected pulmonary embolism (the YEARS study): a prospective, multicentre, cohort study. The Lancet. 2017;390(10091):289–97. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30885-1
22. Duffy J, Berger FH, Cheng I, Shelton D, Galanaud J-P, Selby R et al. Implementation of the YEARS algorithm to optimise pulmonary embolism diagnostic workup in the emergency department. BMJ Open Quality. 2023;12(2):e002119. DOI: 10.1136/bmjoq-2022-002119




ISSN 0022-9040. Kardiologiia. 2025;65(7). DOI: 10.18087/cardio.2025.7.n2885

23. Kearon C, De Wit K, Parpia S, Schulman S, Afilalo M, Hirsch A et al. Diagnosis of Pulmonary Embolism with d -Dimer Adjusted to Clinical Probability. New England Journal of Medicine. 2019;381(22):2125–34. DOI: 10.1056/NEJMoa1909159
24. Robert-Ebadi H, Roy P-M, Sanchez O, Verschuren F, Le Gal G, Righini M. External validation of the PEGeD diagnostic algorithm for suspected pulmonary embolism in an independent cohort. Blood Advances. 2023;7(15):3946–51. DOI: 10.1182/bloodadvances.2022007729
25. Stals MAM, Takada T, Kraaijpoel N, Van Es N, Büller HR, Courtney DM et al. Safety and Efficiency of Diagnostic Strategies for Ruling Out Pulmonary Embolism in Clinically Relevant Patient Subgroups: A Systematic Review and Individual-Patient Data Meta-analysis. Annals of Internal Medicine. 2022;175(2):244–55. DOI: 10.7326/M21-2625
26. Kline JA, Mitchell AM, Kabrhel C, Richman PB, Courtney DM. Clinical criteria to prevent unnecessary diagnostic testing in emergency department patients with suspected pulmonary embolism. Journal of Thrombosis and Haemostasis. 2004;2(8):1247–55. DOI: 10.1111/j.1538-7836.2004.00790.x
27. Penaloza A, Soulié C, Moumneh T, Delmez Q, Ghuysen A, El Kouri D et al. Pulmonary embolism rule-out criteria (PERC) rule in European patients with low implicit clinical probability (PERCEPIC): a multicentre, prospective, observational study. The Lancet Haematology. 2017;4(12):e615–21. DOI: 10.1016/S2352-3026(17)30210-7
28. Hugli O, Righini M, Le Gal G, Roy P -M., Sanchez O, Verschuren F et al. The pulmonary embolism rule-out criteria (PERC) rule does not safely exclude pulmonary embolism. Journal of Thrombosis and Haemostasis. 2011;9(2):300–4. DOI: 10.1111/j.1538-7836.2010.04147.x
29. Chiang P, Robert-Ebadi H, Perrier A, Roy P-M, Sanchez O, Righini M et al. Pulmonary embolism risk stratification: external validation of the 4-level Clinical Pretest Probability Score (4PEPS). Research and Practice in Thrombosis and Haemostasis. 2024;8(1):102348. DOI: 10.1016/j.rpth.2024.102348
30. Roy P-M, Friou E, Germeau B, Douillet D, Kline JA, Righini M et al. Derivation and Validation of a 4-Level Clinical Pretest Probability Score for Suspected Pulmonary Embolism to Safely Decrease Imaging Testing. JAMA Cardiology. 2021;6(6):669–77. DOI: 10.1001/jamacardio.2021.0064
31. Van Es N, Takada T, Kraaijpoel N, Klok FA, Stals MAM, Büller HR et al. Diagnostic management of acute pulmonary embolism: a prediction model based on a patient data meta-analysis. European Heart Journal. 2023;44(32):3073–81. DOI: 10.1093/eurheartj/ehad417
32. Liu Q, Xiao J, Liu L, Liu J, Zhu H, Lai Y et al. A new nomogram prediction model for pulmonary embolism in older hospitalized patients. Heliyon. 2024;10(3):e25317. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e25317
33. Newnham M, Stone H, Summerfield R, Mustfa N. Performance of algorithms and pre-test probability scores is often overlooked in the diagnosis of pulmonary embolism. BMJ. 2013;346:f1557. DOI: 10.1136/bmj.f1557
34. Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, Bueno H, Geersing G-J, Harjola V-P et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS). European Heart Journal. 2019;41(4):543–603. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz405
35. Patel P, Patel P, Bhatt M, Braun C, Begum H, Wiercioch W et al. Systematic review and meta-analysis of test accuracy for the diagnosis of suspected pulmonary embolism. Blood Advances. 2020;4(18):4296–311. DOI: 10.1182/bloodadvances.2019001052
36. Othman AE, Liang C, Komma Y, Munz M, Kolb M, Rath D et al. Free-breathing Arterial Spin Labeling MRI for the Detection of Pulmonary Embolism. Radiology. 2023;307(3):e221998. DOI: 10.1148/radiol.221998
37. Tan M, Mol GC, Van Rooden CJ, Klok FA, Westerbeek RE, Iglesias Del Sol A et al. Magnetic resonance direct thrombus imaging differentiates acute recurrent ipsilateral deep vein thrombosis from residual thrombosis. Blood. 2014;124(4):623–7. DOI: 10.1182/blood-2014-04-566380
38. Fraser DGW, Moody AR, Morgan PS, Martel AL, Davidson I. Diagnosis of Lower-Limb Deep Venous Thrombosis: A Prospective Blinded Study of Magnetic Resonance Direct Thrombus Imaging. Annals of Internal Medicine. 2002;136(2):89–98. DOI: 10.7326/0003-4819-136-2-200201150-00006
39. Oh JK, Park J-H. Role of echocardiography in acute pulmonary embolism. The Korean Journal of Internal Medicine. 2023;38(4):456–70. DOI: 10.3904/kjim.2022.273
40. Nasser MF, Jabri A, Limaye S, Sharma S, Hamade H, Mhanna M et al. Echocardiographic Evaluation of Pulmonary Embolism: A Review. Journal of the American Society of Echocardiography. 2023;36(9):906–12. DOI: 10.1016/j.echo.2023.05.006
41. Pietersen PI, Mikkelsen S, Lassen AT, Helmerik S, Jørgensen G, Nadim G et al. Quality of focused thoracic ultrasound performed by emergency medical technicians and paramedics in a prehospital setting: a feasibility study. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine. 2021;29(1):40. DOI: 10.1186/s13049-021-00856-8
42. Venetz C, Jiménez D, Méan M, Aujesky D. A comparison of the original and simplified Pulmonary Embolism Severity Index. Thrombosis and Haemostasis. 2011;106(3):423–8. DOI: 10.1160/TH11-04-0263
43. Zhou X-Y, Ben S-Q, Chen H-L, Ni S-S. The prognostic value of pulmonary embolism severity index in acute pulmonary embolism: a meta-analysis. Respiratory Research. 2012;13(1):111. DOI: 10.1186/1465-9921-13-111
44. Leidi A, Bex S, Righini M, Berner A, Grosgurin O, Marti C. Risk Stratification in Patients with Acute Pulmonary Embolism: Current Evidence and Perspectives. Journal of Clinical Medicine. 2022;11(9):2533. DOI: 10.3390/jcm11092533
45. Keller K, Hobohm L. Identification of normotensive patients with pulmonary embolism who may benefit from thrombolysis. International Journal of Cardiology. 2019;281:125–6. DOI: 10.1016/j.ijcard.2019.01.087
46. Chen X, Shao X, Zhang Y, Zhang Z, Tao X, Zhai Z et al. Assessment of the Bova score for risk stratification of acute normotensive pulmonary embolism: A systematic review and meta-analysis. Thrombosis Research. 2020;193:99–106. DOI: 10.1016/j.thromres.2020.05.047
47. Devesa Neto V, Pires I. Modified FAST score as a predictor of fibrinolysis in normotensive patients with acute pulmonary embolism. European Heart Journal. 2021;42(Suppl 1):ehab724.1930. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab724.1930
48. Becattini C, Vedovati MC, Colombo S, Vanni S, Abrignani MG, Scardovi AB et al. Risk stratification of hemodynamically stable patients with acute pulmonary embolism: external validation and comparison of different strategies. European Heart Journal. 2023;44(Suppl 2):ehad655.1989. DOI: 10.1093/eurheartj/ehad655.1989
49. El-Menyar A, Asim M, Nabir S, Ahmed MN, Al-Thani H. Implications of elevated cardiac troponin in patients presenting with acute pulmonary embolism: an observational study. Journal of Thoracic Disease. 2019;11(8):3302–14. DOI: 10.21037/jtd.2019.08.53
50. Cennamo E, Valli G, Riead EKM, Casalboni S, Papasidero ID, De Marco F et al. Utility of Combining High-Sensitive Cardiac Troponin I and PESI Score for Risk Management in Patients with Pulmonary Embolism in the Emergency Department. Medicina. 2023;59(2):185. DOI: 10.3390/medicina59020185
51. Ebner M, Pagel CF, Sentler C, Harjola V-P, Bueno H, Lerchbaumer MH et al. Venous lactate improves the prediction of in-hospital adverse outcomes in normotensive pulmonary embolism. European Journal of Internal Medicine. 2021;86:25–31. DOI: 10.1016/j.ejim.2021.01.021
52. Yang L, Li B, Chen H, Belfeki N, Monchi M, Moini C. The Role of Troponin in the Diagnosis and Treatment of Acute Pulmonary Embolism: Mechanisms of Elevation, Prognostic Evaluation, and Clinical Decision-Making. Cureus. 2024;16(8):e67922. DOI: 10.7759/cureus.67922
53. Zuin M, Bikdeli B, Ballard-Hernandez J, Barco S, Battinelli EM, Giannakoulas G et al. International Clinical Practice Guideline Recommendations for Acute Pulmonary Embolism. Journal of the American College of Cardiology. 2024;84(16):1561–77. DOI: 10.1016/j.jacc.2024.07.044
54. Keller K, Hobohm L, Ebner M, Kresoja K-P, Münzel T, Konstantinides SV et al. Trends in thrombolytic treatment and outcomes of

acute pulmonary embolism in Germany. European Heart Journal. 2020;41(4):522–9. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz236
55. Putnam A, Carey K, Marginean A, Serritella A, Friant J, Blair J et al. Safety and efficacy of catheter-directed therapy versus anticoagulation alone in a higher-risk acute pulmonary embolism population. Journal of Thrombosis and Thrombolysis. 2021;52(4):1151–9. DOI: 10.1007/s11239-021-02481-9
56. Bajaj NS, Kalra R, Arora P, Ather S, Guichard JL, Lancaster WJ et al. Catheter-directed treatment for acute pulmonary embolism: Systematic review and single-arm meta-analyses. International Journal of Cardiology. 2016;225:128–39. DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.09.036
57. Al-Hakim R, Park J, Bansal A, Genshaft S, Moriarty JM. Early Experience with AngioVac Aspiration in the Pulmonary Arteries. Journal of Vascular and Interventional Radiology. 2016;27(5):730–4. DOI: 10.1016/j.jvir.2016.01.012
58. Callese TE, Moriarty JM, Maehara C, Cusumano L, Mathevosian S, Enzmann D et al. Cost drivers in endovascular pulmonary embolism interventions. Clinical Radiology. 2023;78(2):e143–9. DOI: 10.1016/j.crad.2022.09.129
59. Pietrasik A, Gąsecka A, Szarpak Ł, Pruc M, Kopiec T, Darocha S et al. Catheter-Based Therapies Decrease Mortality in Patients With Intermediate and High-Risk Pulmonary Embolism: Evidence From Meta-Analysis of 65,589 Patients. Frontiers in Cardiovascular Medicine. 2022;9:861307. DOI: 10.3389/fcvm.2022.861307
60. Raghupathy S, Barigidad AP, Doorgen R, Adak S, Malik RR, Parulekar G et al. Prevalence, Trends, and Outcomes of Pulmonary Embolism Treated with Mechanical and Surgical Thrombectomy from a Nationwide Inpatient Sample. Clinics and Practice. 2022;12(2):204–14. DOI: 10.3390/clinpract12020024
61. Zieliński D, Dyk W, Wróbel K, Biederman A. Surgical pulmonary embolectomy: state of the art. Polish Journal of Cardio-Thoracic Surgery. 2023;20(2):111–7. DOI: 10.5114/kitp.2023.130019
62. Boey JJE, Dhundi U, Ling RR, Chiew JK, Fong NC-J, Chen Y et al. Extracorporeal Membrane Oxygenation for Pulmonary Embolism: A Systematic Review and Meta-Analysis. Journal of Clinical Medicine. 2023;13(1):64. DOI: 10.3390/jcm13010064
63. Qiu M-S, Deng Y-J, Yang X, Shao H-Q. Cardiac arrest secondary to pulmonary embolism treated with extracorporeal cardiopulmonary resuscitation: Six case reports. World Journal of Clinical Cases. 2023;11(17):4098–104. DOI: 10.12998/wjcc.v11.i17.4098
64. Pérez-Nieto OR, Gómez-Oropeza I, Quintero-Leyra A, Kammar-García A, Zamarrón-López ÉI, Soto-Estrada M et al. Hemodynamic and respiratory support in pulmonary embolism: a narrative review. Frontiers in Medicine. 2023;10:1123793. DOI: 10.3389/fmed.2023.1123793
65. Meyer G, Vicaut E, Danays T, Agnelli G, Becattini C, Beyer-Westendorf J et al. Fibrinolysis for Patients with Intermediate-Risk Pulmonary Embolism. New England Journal of Medicine. 2014;370(15):1402–11. DOI: 10.1056/NEJMoa1302097
66. Sanchez O, Charles-Nelson A, Ageno W, Barco S, Binder H, Chatellier G et al. Reduced-Dose Intravenous Thrombolysis for Acute Intermediate–High-risk Pulmonary Embolism: Rationale and Design of the Pulmonary Embolism International THrOmbolysis (PEITHO)-3 trial. Thrombosis and Haemostasis. 2022;122(5):857–66. DOI: 10.1055/a-1653-4699
67. Kucher N, Boekstegers P, Müller OJ, Kupatt C, Beyer-Westendorf J, Heitzer T et al. Randomized, Controlled Trial of Ultrasound-Assisted Catheter-Directed Thrombolysis for Acute Intermediate-Risk Pulmonary Embolism. Circulation. 2014;129(4):479–86. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.005544
68. Sadeghipour P, Jenab Y, Moosavi J, Hosseini K, Mohebbi B, Hosseinsabet A et al. Catheter-Directed Thrombolysis vs Anticoagulation in Patients With Acute Intermediate-High–risk Pulmonary Embolism: The CANARY Randomized Clinical Trial. JAMA Cardiology. 2022;7(12):1189–97. DOI: 10.1001/jamacardio.2022.3591
69. Hobohm L, Farmakis IT, Keller K, Scibior B, Mavromanoli AC, Sagoschen I et al. Pulmonary embolism response team (PERT) implementation and its clinical value across countries: a scoping review and meta-analysis. Clinical Research in Cardiology. 2023;112(10):1351–61. DOI: 10.1007/s00392-022-02077-0



ISSN 0022-9040. Kardiologiia. 2025;65(7). DOI: 10.18087/cardio.2025.7.n2885