

Пациенты с ТЭЛА в клинической практике кардиолога. Ведение пациентов в остром периоде и после стационара. (Эрлих А.Д.)

Диагностическая тактика при подозрении на ТЭЛА

1. Оценка вероятности ТЭЛА по клиническим признакам и шкалам риска.
2. Оценка стабильности гемодинамики.

Клинические предикторы ТЭЛА

Показатели	Оригинальная версия	Упрощенная версия
ТЭЛА/ТГВ в прошлом	3	1
ЧСС 75-94 в мин.	3	1
ЧСС ≥ 95 в мин.	5	2
Хирургическая операция в ближайший 1 мес.	2	1
Кровохарканье	2	1
Активный рак	2	1
Несимметричная боль в ногах	3	1
Боль в ноге, пальпация вен, односторонний отек	4	1
Возраст ≥ 65 лет.	1	1
Двухуровневая оценка (шкала Geneva):		
•ТЭЛА маловероятна;	0-5	0-2
•ТЭЛА вероятна	≥ 6	≥ 3
Трехуровневая оценка (шкала Wells):		
•низкий риск;	0-3	0-1
•промежуточный риск;	4-10	2-4
•высокий риск	≥ 11	> 5

Индекс PESI для оценки тяжести и прогноза ТЭЛА

Показатель	Оригинальная шкала	Упрощенная шкала
Возраст	Количество лет	1 (> 80 лет)
Мужской пол	10	-
Рак	30	1

ХСН	10	1
Хроническая легочная болезнь	10	1
ЧСС ≥ 110 в мин.	20	1
САД < 100 мм рт. ст.	30	1
ЧДД > 30 в мин.	20	-
Температура тела $< 36,0^{\circ}\text{C}$	20	-
Нарушение ментального статуса	60	-
SaO ₂ $< 90\%$	20	1

Оценка тяжести и риска смерти

Класс I: ≤ 65 б.	0 б. = 1% смерти за 30 дней
Класс II: 66-85 б.	
Класс III: 86-105 б.	≥ 1 б. = 10,9% риск смерти за 30 дней
Класс IV: 106-125 б.	
Класс V: > 125 б.	

Оценка риска и выбор стратегии лечения при острой ТЭЛА

1. Наличие гемодинамической нестабильности (ГН) (высокий риск) → реперфузионная терапия, гемодинамическая поддержка.

2. Отсутствие ГН + клинические признаки тяжелой ТЭЛА (PESI III-IV/sPESI ≥ 1) и/или дисфункция ПЖ на Эхо-КГ/КТ-ЛА) → тропониновый тест:

- позитивный (промежуточно-высокий риск) → мониторинг с рассмотрением спасительного тромболизиса при ухудшении состояния;
- негативный (промежуточно-низкий риск) → госпитализация.

2. Отсутствие ГН + отсутствие клинических признаков тяжелой ТЭЛА и/или дисфункции ПЖ на Эхо-КГ/КТ-ЛА (низкий риск) → оценка факторов*:

- отсутствие хотя бы одного фактора → госпитализация;
- наличие всех факторов → ранняя выписка, домашнее лечение.

*отсутствие других причин для госпитализации, семейная/социальная поддержка, легкий доступ медицинской помощи

Признаки ГН, возникающей вследствие острой ТЭЛА высокого риска

1. Остановка кровообращения (необходимость в проведении СЛР).
2. Обструктивный шок: САД < 90 мм рт. ст. или потребность в вазопрессорах до достижения САД ≥ 90 мм рт. ст. + признаки гипоперфузии органов (нарушенный ментальный статус, холодная влажная кожа, олигоурия/анурия, $\uparrow$ уровня лактата сыворотки).
3. Персистирующая гипотония: САД < 90 мм рт.ст. или $\downarrow$ САД до ≥ 40 мм рт. ст., длящееся > 15 мин., не вызванное вновь возникшей аритмией, гиповолемией или сепсисом.

Алгоритм действий при подозрении на ТЭЛА у пациентов с ГН

1. Наличие дисфункции ПЖ по данным прикроватной Эхо-КГ → немедленное КТ-ЛА:

- положительный результат/невозможность проведения КТ/ЛА → терапия ТЭЛА;
- отрицательный результат → поиск других причин шока и ГН.

2. Отсутствие дисфункции ПЖ → поиск других причин шока и ГН.

3. При подозрении на ТЭЛА высокого риска рекомендуется немедленно начать АКТ в виде в/в введения НФГ, начиная с болюсного введения в дозе, рассчитанной по массе тела.
4. Пациентам, имеющим противопоказания к тромболизису/с неэффективным тромболизисом, показана хирургическая эмболектomia из легочной артерии.

Оценка клинической вероятности ТЭЛА у пациентов без ГН

1. Низкая/промежуточная вероятность (ТЭЛА маловероятна) → тест на D-димер*:

- негативный → антикоагулянтная терапия (АКТ) не требуется;
- позитивный → КТ-ЛА (КТ легочных артерий) → при отсутствии ТЭЛА требуется АКТ/при подтверждении ТЭЛА не требуется АКТ.

2. Высокая вероятность (ТЭЛА вероятна) → КТ-ЛА:

- отсутствие ТЭЛА → АКТ не проводится/дальнейшая диагностика;
- наличие ТЭЛА → АКТ.

**нормальный уровень до 50 лет – 500 нг/мл, > 50 лет – возраст × 10 нг/мл*

Начало АКТ при ТЭЛА без ГН

1. АКТ ≥ 3 мес. рекомендована без промедления пациентам с высокой/промежуточной клинической вероятностью ТЭЛА (во время проведения диагностических мероприятий).
2. Если АКТ начинается с парентерального препарата, то рекомендовано использовать НМГ/фондапаринукс для большинства пациентов.
3. Если АКТ начинается с орального антикоагулянта, рекомендовано предпочесть НОАК (апиксабан, дабигатран, ривароксабан, эдоксабан), а не антагонист вит. К.
4. При терапии варфарином «перекрест» с парентеральным антикоагулянтом рекомендован после достижения МНО 2,5 (в пределах 2-3).
5. НОАК не рекомендованы:
 - у пациентов с тяжелой почечной дисфункцией (клиренс креатинина < 30 мл/мин);
 - во время беременности и лактации;
 - у пациентов с АФС.

Режим дозирования НМГ/фондапаринукса при ТГВ/ТЭЛА

Препарат	Режим дозирования
Надропарин	• 86 МЕ/кг п/к 2 р/сут; • 172 МЕ/кг п/к (max17100 МЕ) 1 р/сут
Далтепарин	• 100 МЕ/кг п/к 2 р/сут; • 200 МЕ/кг (max18000 МЕ) п/к 1 р/сут; • для онкопациентов 200 МЕ/кг (max 18000 МЕ) п/к 1 р/сут 1 мес., затем 150 МЕ/кг до 6 мес.
Эноксапарин	• 100 МЕ (1 мг)/кг п/к 2 р/сут; • 150 МЕ (1,5 мг)/кг п/к 1 р/сут
Фондапаринукс	<i>Тромбоз п/к вен ног: 2,5 мг п/к 1 р/сут</i> <i>ТГВ и/или немассивная ТЭЛА п/к 1 р/сут в зависимости от массы:</i> • 5 мг – до 50 кг; • 7,5 мг – 50-100 кг; • 10 мг – > 100 кг

Renseigné N et al. Oral rivaroxaban for the treatment of symptomatic pulmonary embolism. N Engl J Med 2012; 366:1287-97

1. В РКИ EINSTEIN-PE (n=4832) пациентам с объективными признаками ТЭЛА ± ТГВ был назначен ривароксабан 15 мг 2 р/сут 21 день, затем 20 мг 1 р/сут 3-6 мес. и эноксапарин 2 р/сут $\geq$ 5 дней (+ варфарин с МНО 2,0-3,0).
2. Различий по риску развития повторных тромбозов в группах не было выявлено, но в группе ривароксабана было отмечено $\downarrow$ частоты больших кровотечений на 51% (1,1% против 2,2%).

Схемы назначения оральных антикоагулянтов при ТГВ/ТЭЛА

1. **Дабигатран:** НМГ/НФГ $\geq$ 5 сут $\rightarrow$ дабигатран 150 мг 2 р/сут $\geq$ 3 мес.
2. **Апиксабан:** 10 мг 2 р/сут 7 дней $\rightarrow$ 5 мг 2 р/сут $\geq$ 3 мес.
3. **Ривароксабан:** 15 мг 2 р/сут 21 день $\rightarrow$ 20 мг 1 р/сут 3 мес.
4. **Эдоксабан:** 60 мг 1 р/сут (30 мг/сут при CrCl 30-50 или $<$ 60 кг) $\geq$ 3 мес.
5. **Варфарин:** НМГ/НФГ $\rightarrow$ варфарин с целевым МНО 2,0-3,0.

Показания к установке кава-фильтра при ТЭЛА

1. Установка фильтра в нижнюю полую вену должна быть рассмотрена у пациентов с:
 - ТЭЛА + абсолютные противопоказания к антикоагулянтам;
 - повторной ТЭЛА, несмотря на лечение антикоагулянтами в терапевтических дозах.
2. Рутинное использование кава-фильтра не рекомендовано.

Факторы риска (ФР) рецидива ТЭЛА

Риск повтора	Категории ФР	Примеры
Низкий (< 3 % в год)	Большие преходящие/обратимые ФР, связанные с $>$ 10-кратным $\uparrow$ риска повторной ТЭЛА (в сравнении с пациентами без ФР)	• Операция с общей анестезией $<$ 30 мин; • пребывание на больничной койке из-за острого заболевания $\geq$ 3 дней; • травма с переломом.
Промежуточный (3-8% в год)	Преходящие/обратимые ФР, связанные с $\leq$ 10-кратным $\uparrow$ риска повторной ТЭЛА	• Небольшая операция с анестезией $<$ 30 мин; • пребывание на больничной койке из-за острого заболевания $<$ 3 дней; • прием эстрогенов/контрацепция; • беременность/послеродовый период; • постельный режим из-за острого заболевания вне стационара; • повреждение ноги (без перелома), связанное с ограничением подвижности на $\geq$ 3 дня; • многочасовой перелет/переезд.

Неонкологические
персистирующие ФР

- Воспалительное заболевание кишечника;
- острое аутоиммунное заболевание.

Невыясненные ФР

- Активный рак;
- ≥ 1 предыдущего эпизодов ТЭЛА в отсутствие значимых преходящих/обратимых ФР;
- АФС.

Высокий (> 8% в год)

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(4):543-603

«Сильные» ФР (общий риск (ОР) ↑ в 10 раз)	«Умеренные» ФР (ОР ↑ в 2-9 раз)	«Слабые» ФР (ОР ↑ < , чем в 2 раза)
Переломы нижних конечностей	Артроскопическая хирургия коленного сустава	Постельный режим > 3 дней
Госпитализация по поводу ХСН или ФП/трепетания предсердий в предыдущие 3 мес.	Воспалительные заболевания кишечника	СД
Протезирование коленного/бедренного сустава	Гемотрансфузия	Длительное сидячее положение > 4 ч.
Большая травма	Катетеры в центральных венах, в/в катетеры и электроды	АГ
ИМ в предыдущие 3 мес.	Химиотерапия	Пожилой возраст
Предшествующий случай ВТЭО	ХСН/ДН	Лапароскопическое вмешательство
Повреждение спинного мозга	Эритропоэтин-стимулирующая терапия	Ожирение
	Аутоиммунные заболевания	Беременность
	Онкопатология (особенно с мтс)	Варикозная болезнь
	Инфекции (особенно пневмония, урологические инфекции, ВИЧ)	
	Тромбоз поверхностных вен	
	Тромбофилия	
	Гормональная заместительная терапия, ЭКО, прием оральных контрацептивов	
	Послеродовый период	
	Постинсультный паралич	

Продление АКТ после ТЭЛА/ТГВ

1. Продление АКТ в той же дозе на неопределенно долгое время у пациентов с:

- первым эпизодом ТЭЛА и невыясненным ФР, а также ассоциированным с небольшим преходящим или обратимым ФР;
- повторным эпизодом ТЭЛА/ТГВ без большого преходящего/обратимого ФР;
- АФС, активным раком, хронической эмболической легочной гипертензией.

2. Продление АКТ в виде ↓ дозы НОАК через 6 мес. (апиксабан 2,5 мг 2 р/сут или ривароксабан 10 мг 1 р/сут) возможно у пациентов без рака.

3. Отмена АКТ после 3-6 мес. у пациентов с:

- первым эпизодом ТЭЛА/ТГВ, вторичным к большому преходящему/обратимому ФР (операция с общей анестезией > 30 мин., нахождение в больнице из-за острого заболевания ≥ 3 дня, травма с переломом) и признаками высокого риска кровотечения;

4. Пациентам, отказавшимся от АКТ/плохо переносящим АКТ, для продления профилактики ВТЭО могут быть назначены аспирин или сулодексид.

5. Лечение антагонистами вит. К на неопределенно долгое время рекомендовано пациентам с АФС.

6. Пациентам во время продленной АКТ рекомендовано регулярно оценивать переносимость лечения и приверженность к нему, печеночную и почечную функцию, риски кровотечений.

Оценка индивидуальных ФР кровотечения

1. ФР кровотечений:

- возраст > 65 лет;
- недавняя операция/травма;
- частые падения;
- кровотечения/инсульт в анамнезе;
- онкозаболевание;
- почечная/печеночная недостаточность;
- СД;
- тромбоцитопения;
- анемия;
- низкий контроль МНО;
- прием антиагрегантов/НПВС.

2. Оценка риска кровотечений:

- низкий – нет ФР;
- средний – 1 ФР;
- высокий риск – ≥ 2 ФР.

Weitz JI et al. Rivaroxaban or Aspirin for Extended Treatment of Venous Thromboembolism. N Engl J Med, 2017; 376(13):1211-22

1. В РКИ EINSTEIN-CHOICE пациенты с подтвержденным ТГВ/ТЭЛА (n= 3365) после 6-12 мес. АКТ принимали ривароксабан 10 мг/сут, 20 мг/сут и аспирин 100 мг/сут в течение 12 мес.

2. Прием ривароксабана 10 мг и 20 мг ↓ риск фатальных и нефатальных повторных ТЭЛА на

66% и 74% по сравнению с приемом аспирина (1,5% и 1,2% против 4,4%) с сопоставимой частотой больших кровотечений.

Agnell G et al. Apixaban for extended treatment of venous thromboembolism. *N Engl J Med*, 2013;368(8):699-708

1. В РКИ AMPLIFY-EXT пациенты с ВТЭ (n=2486) получали апиксабан 2,5 мг и 5 мг 2 р/сут и плацебо в течение 12 мес.
2. Прием апиксабана ↓ риск повторной ТЭЛА/смерти на 1,7% и 8,8% по сравнению с плацебо с сопоставимой частотой больших кровотечений.

Лучевая диагностика тромбоэмболии легочной артерии — современное состояние вопроса (Мершина Е.А.)

Актуальность проблемы

Формы ТЭЛА	Распространенность, %	Смертность, %
С шоком и гипотензией	5	20-30
Со стабильной гемодинамикой	55	15
Асимптомная	40	< 1

Факторы риска развития ТЭЛА

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(4):543-603

«Сильные» (общий риск (ОР) ↑ в 10 раз)	«Умеренные» (ОР ↑ в 2-9 раз)	«Слабые» (ОР ↑ < , чем в 2 раза)
Переломы нижних конечностей	Артроскопическая хирургия коленного сустава	Постельный режим > 3 дней
Госпитализация по поводу ХСН или фибрилляции/трепетания предсердий в предыдущие 3 мес.	Воспалительные заболевания кишечника	СД
Протезирование коленного/бедренного сустава	Гемотрансфузия	Длительное сидячее положение > 4 ч.
Большая травма	Катетеры в центральных венах, в/в катетеры и электроды	АГ
ИМ в предыдущие 3 мес.	Химиотерапия	Пожилой возраст

Предшествующий случай ВТЭО	ХСН/ДН	Лапароскопическое вмешательство
Повреждение спинного мозга	Эритропоэтин-стимулирующая терапия	Ожирение
	Аутоиммунные заболевания	Беременность
	Онкопатология (особенно с мтс)	Варикозная болезнь
	Инфекции (особенно пневмония, урологические инфекции, ВИЧ)	
	Тромбоз поверхностных вен	
	Тромбофилия	
	Гормональная заместительная терапия, ЭКО, прием оральных контрацептивов	
	Послеродовый период	
	Постинсультный паралич	

Клинические характеристики пациентов с подозрением на ТЭЛА

- Konstantinides SV et al. 2014 ESC guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. Eur Heart J, 2014; 35(43):3033-69.***
- Pollac CV et al. Clinical characteristics, management, and outcomes of patients diagnosed with acute pulmonary embolism in the emergency department: initial report of EMPEROR (Multicenter Emergency Medicine Pulmonary Embolism in the Real World Registry). J Am Coll Cardiol, 2011; 57(6):700-6.***

Симптом	Частота встречаемости симптома, %	
	ТЭЛА подтверждена	ТЭЛА не подтверждена
Одышка	50	51
Плевральная боль	39	28
Кашель	23	23
Боль за грудиной	15	15
Лихорадка	10	10
Кровохарканье	8	5
Обморок	6	6
Боль в ноге с одной стороны	6	5
Выраженный односторонний отек	24	18

Оценка клинической вероятности ТЭЛА (шкала Geneva)

Показатель	Оригинальная версия, баллы	Упрощенная версия, баллы
ТЭЛА/ТГВ в прошлом	3	1
ЧСС 75-94 в мин.	3	1
ЧСС ≥ 95 в мин.	5	2
Хирургическая операция в ближайший 1 мес.	2	1
Кровохарканье	2	1

Активный рак	2	1
Несимметричная боль в ногах	3	1
Боль в ноге, пальпация вен, односторонний отек	4	1
Возраст ≥ 65 лет.	1	1
Двухуровневая оценка:		
•ТЭЛА маловероятна;	0-5	0-2
•ТЭЛА вероятна	≥ 6	≥ 3

Алгоритм диагностики ТЭЛА

Подозрение на ТЭЛА → оценка клинической вероятности с использованием шкал (Wells, Geneva):

- низкая вероятность (< 3 б./ТЭЛА маловероятна) → определение уровня D-димера → при отрицательном ТЭЛА отсутствует/ при положительном → КТ-АПГ → точный диагноз;
- средняя/высокая вероятность (≥ 3 б./ТЭЛА вероятна) → КТ-АПГ → точный диагноз.

КТ-ангиопульмонография (КТ-АПГ) в диагностике ТЭЛА

1. КТ-АПГ – исследование, при котором визуализируется легочное артериальное русло и метод выбора в диагностике ТЭЛА.

2. Преимущества:

- min инвазивность;
- > высокие чувствительность и специфичность;
- возможность проведения с синхронизацией ЭКГ.

3. КТ-маркеры риска повторных ТЭЛА и смерти:

- параметры дисфункции правого желудочка (ПЖ)*;
- степень обструкции сосудистого русла;
- уровень перфузии легких.

*состояние ПЖ необходимо оценивать даже у пациентов с низким риском смерти по шкале PESI/sPEI.

Оборудование и методики проведения КТ-АПГ

1. Используют мультиспиральные КТ (МСКТ) с 16-64 рядами детекторов и >.
2. Объем йодсодержащих контрастных препаратов – 40-80 мл (во избежание избыточного количества), т. к. ангиопульмонографическая фаза сканирования наступает раньше, чем контрастируются левые отделы сердца.
3. Область сканирования – вся грудная клетка с выполнением на задержке дыхания.

Douma RA et al. Comparison of 4- and 64-slice CT scanning in the diagnosis of pulmonary embolism. Thromb Haemost, 2010; 103(1):242-6

В двух группах пациентов с ТЭЛА (n=110 и n=107) была показана одинаковая информативность 4- и 64-срезового МСКТ при диагностике ТЭЛА крупных ветвей легочной артерии, но при исследовании сегментарных и субсегментарных ветвей информативность 4 МСКТ составила 7,7%, 64 МСКТ – 21%.

Особенности использования КТ-АПГ с кардиосинхронизацией (синхронизацией с

ЭКГ):

- область сканирования не < 20 см;
- одновременная оценка грудной аорты, легочной артерии и сердца (дифференцировка ТЭЛА/расслоения аорты/тромбоза коронарных артерий вследствие ОИМ).
- ↑ визуализации мелких ветвей легочной артерии;
- желательно ↓ лучевой нагрузки и использование 64 МСКТ.

Возможности использования двухэнергетической КТ (одновременной КТ-АПГ и оценки перфузии легких):

- позволяет дифференцировать острую фазу ТЭЛА (отсутствие/↓ перфузии) и фазу обратного развития (восстановление перфузии);
- высокая информативность при оценке гемодинамики мелких ветвей легочных артерий благодаря изображениям легочной ткани на цветных картах.

Выводы

1. МСКТ – «золотой» стандарт в диагностике ТЭЛА, который позволяет одновременно оценить:
 - дефекты контрастирования легочных артерий как прямой признак ТЭЛА;
 - параметры ПЖ (прогноз для пациента);
 - уровень перфузии легких (оценка динамики состояния).
2. Для получения диагностических изображений важно правильно выбрать фазу контрастирования, объем контрастного препарата, скорость введения рентгеноконтрастного препарата.

Техника и протоколы КТ-ангиопульмонографии: без права на ошибку (Синицын В.Е.)

Актуальность проблемы

1. Причины недостаточности диагностической информации при КТ-исследованиях грудной клетки:
 - артефакты изображений в результате движений мелких сосудов, дыхательных движений, недостаточного смешивания крови с рентгеноконтрастным средством (РКС);
 - недостаточное контрастное усиление (КУ);
 - врачебные диагностические ошибки.
2. В результате недостаточной диагностики пациенту может потребоваться повторное проведение исследований/госпитализация → ↑ рисков для пациента и затрат ЛПУ.
3. Решению проблемы диагностики ТЭЛА может помочь использование современных моделей КТ и персонализированных протоколов контрастирования (ППК).

1. Hendriks BMF et al. Individually tailored contrast enhancement in CT pulmonary angiography. Br J Radiol, 2016; 89(1061).

2. Bae KT. Intravenous contrast medium administration and scan timing at CT: considerations and approaches. Radiology, 2010; 256(1):32-61.

1. Применение в клинической практике стандартных протоколов КТ с фиксированными объемами РКС, не учитывающими массу тела пациента и длительность сканирования, может приводить у худых пациентов к получению сигнала, превышающего требуемые значения, а у тучных пациентов – к ослаблению сигнала ниже значения, необходимого для диагностики.
2. Применение индивидуализированных протоколов КТ-ангиографии (КТА) приводит к оптимизации объема вводимого РКС.

Критерии качества КТА:

- отсутствие артефактов от движений, пульсаций;
- высокая плотность от целевого сосудистого бассейна (min 300HU*);
- отсутствие артефактов от областей избыточного контрастирования.

* HU – единицы Хаунсфилда

Система инъекционная для КТ MEDRAD® Stellant D с рабочей станцией Certegra®:

Двухемкостная инъекционная система:

- предназначена для создания сложных ППК КТ и КТА;
- обеспечивает болюсное введение РКС и его подачу в точно указанное время.

Программное обеспечение (ПО) Certegra® P3T® 2.0 Pulmonary Angiography (PA)

Yanaga Y et al. Pancreas: patient body weight tailored contrast material injection protocol versus fixed dose protocol at dynamic CT. Radiology, 2007; 245(2):475-82

1. ПО Certegra® P3T® 2.0 PA позволяет оператору создавать ППК, исходя из:

- зоны интереса (легкие, сердце, брюшная полость);
- индивидуальных данных пациента (вес, ИМТ);
- свойств РКС (концентрация, видимый объем, общее количество);
- характеристик оборудования (производитель сканера, количество рядов детектора и т.д.).

2. Возможности ПО Certegra® P3T® 2.0 PA:

- использование предустановленных протоколов КТ-исследований с КУ и их индивидуализация;
- автоматизация расчетов ППК с введением йодсодержащих КС (ЙСКС) → > предсказуемое и успешное контрастирование;
- ↓ объема вводимого РКС и оптимизация процесса его введения;
- более высокие значения контрастирования в просвете легочной артерии (ЛА).

Deible CR et al. A Clinical Evaluation of an Automated Software Program (P3T® PA) for Patient Specific Contrast Injection During Chest CTA to Exclude Pulmonary Embolism. Department of Radiology, UPMC, 2014

1. ПО «Certegra® P3T® 2.0 PA» обеспечивает более высокую плотность контрастированной крови в ЛА (> 300 HU) в сравнении со стандартным протоколом КТА.

2. Визуальная оценка результатов качества изображений по шкале от 1 до 5 баллов (где 1 – неудовлетворительное качество, 5 – отличное качество) в группе с использованием ПО Certegra® P3T® 2.0 PA была 4,2 балла, в группе стандартного протокола – 3,6 баллов.

Дополнительный модуль DualFlow

1. Обеспечивает одномоментное введение РКС и физиологического раствора благодаря одновременному движению с разной скоростью поршней шприц-колб с РКС и

физиологическим раствором:

- I фаза – введение РКС;
- II фаза – одномоментное введение РКС и физраствора;
- III фаза – введение «проталкивающего» болюса физраствора.

2. Преимущества использования модуля DualFlow:

- контроль контрастирования в правом и левом желудочке;
- снижение количества артефактов свечения от очень плотного РКС в правых отделах сердца;
- одновременная визуализация правых коронарных артерий и правого желудочка.

Влияние значения скорости доставки йода (СДЙ) на уровень КУ

Mihl C et al. Contrast Media Administration in Coronary Computed Tomography Angiography - A Systematic Review. Rofo, 2017; 189(4):312-325

1. Более высокое значение СДЙ (йодного потока) позволяет достичь более выраженного КУ в коронарных артериях (КА).
2. При равном значении СДЙ не выявляется статистическая разница в степени КУ в КА.

СД йода = концентрация йода в ЙСКС [г йода/мл] x скорость введения [мл/с]

Влияние степени вязкости РКС на значение СДЙ

1. Chaya A et al. Piston-Based vs Peristaltic Pump-Based CT Injector Systems. Radiol Technol, 2019; 90(4):344-52.

2. Faggioni L, Gabelloni M. Concentration and Optimization in Computed Tomography Angiography: Current Issues. Invest Radiol, 2016; 51(12):816-22.

3. Mihl C et al. Intravascular enhancement with identical iodine delivery rate using different iodine contrast media in a circulation phantom. Invest Radiol, 2013; 48(11):813-8.

1. РКС с более низкой вязкостью могут иметь практическую клиническую значимость при более высокой скорости введения.
2. Более высокая вязкость РКС может ограничивать максимальную скорость его введения и возможность использования различных протоколов, учитывающих оптимальную СДЙ.
3. Вязкость РКС существенно ниже при его предварительном подогревании.
4. Современные автоматические инжекторы позволяют вводить РКС при давлении в системе 325 psi → достижение более высоких скоростей введения препаратов, необходимых при ряде протоколов контрастирования.
5. В практике обычно используются катетеры небольшого диаметра (у 83% пациентов – 18G и менее).
6. При невозможности использования катетера большого диаметра тах скорость введения может быть ограничена у пациентов:
 - после химиотерапии;
 - пожилых;
 - ↑ массой тела;

1. Rengo M et al. Impact of iodine concentration and iodine delivery rate on contrast enhancement in coronary CT angiography: a randomized multicenter trial (CT-CON). Eur Radiol, 2019; 29(11):6109-18.

2. Kok M et al. Patient Comfort During Contrast Media Injection in Coronary Computed Tomographic Angiography Using Varying Contrast Media Concentrations and Flow Rates: Results From the EICAR Trial. Invest Radiol, 2016; 51(12):810-815.

3. Bae KT. Intravenous contrast medium administration and scan timing at CT: considerations and approaches. Radiology, 2010; 256(1):32-61.

1. При оценке связи между вязкостью РКС и пиковым давлением в системе инъектора с одинаковой СДЙ (2 г/с) было показано, что применение РКС с более высокой концентрацией йода и более высокой вязкостью приводит к повышению пикового давления в системе инъектора.
2. Более низкая вязкость может иметь преимущества с точки зрения создаваемого давления при введении РКС, более высокая вязкость РКС может усложнить его введение при более высокой скорости и при применении катетера меньшего диаметра.
3. На рентгеновскую плотность при КТА влияет СДЙ, и её снижение может влиять на качество получаемого контрастирования.

КТ-ангиопульмонография (КТ-АПГ) со сверхнизкой дозой йода (с применением двухэнергетической КТ)

Meyer M et al. CT pulmonary angiography in patients with acute or chronic renal insufficiency: Evaluation of a low dose contrast material protocol. SCIENTIFIC Reports, 2018; 8:1995

При сравнении протоколов стандартной КТА (общая доза йода – 32 г, объем РКС – 86 мл, концентрация йода – 370 мг/мл) и двухэнергетической КТ (общая доза йода – 5,4 г, объем РКС – 14 мл, концентрация йода – 370 мг/мл), проводимых 100 пациентам с подозрением на ТЭЛА:

- в обеих группах были получены изображения одинакового качества и не было зарегистрировано ни одного случая контраст-индуцированной нефропатии;
- в низкой дозе не было ошибок в диагностике ТЭЛА.

Выводы

1. КТА – стандарт современной диагностики ТЭЛА.
2. В экстренных случаях, таких как ТЭЛА, качество изображений сразу должно быть диагностическим.
3. Протоколы введения РКС вместе с оборудованием и протоколом сканирования играют важную роль в обеспечении качества исследования.
4. Оптимальным представляется применение ППК с помощью комбинации инъекторов нового поколения и синхронизации их ПО с томографами.
5. При выполнении КТА необходим расчет оптимальной СДЙ, при этом концентрация йода не имеет принципиального значения (хотя при высоких скоростях введения и коротком времени сканирования предпочтительнее высокие концентрации РКС).
6. Роль двухэнергетической КТ заключается в снижении объема РКС до очень малых величин.

Список сокращений:

G – Гейдж psi (англ. round-force per square inc) - фунт на квадратный дюйм

АГ – артериальная гипертензия

АКТ – антикоагулянтная терапия

АФС – антифосфолипидный синдром

ВТЭО – венозное тромбоэмболическое осложнение

ГН – гемодинамическая нестабильность

ДН – дыхательная недостаточность
ИМ – инфаркт миокарда
КТ – компьютерная томография
КТА – компьютерная томографическая ангиографии
КТ-АПГ – компьютерно-томографическая ангиопульмонография
КУ – контрастное усиление
ЛА – лёгочные артерии
ЛПУ – лечебно-профилактическое учреждение
МНО – международное нормализованное отношение
МСКС – мультиспиральная компьютерная томография
НОАК – новый оральный антикоагулянт
НПВС – нестероидное противовоспалительное средство
НФГ – низкофракционированный гепарин
ОР – общий риск
ПЖ – правый желудочек
ПО – программное обеспечение
ППК – персонализированные протоколы контрастирования
РКИ – рандомизированное клиническое исследование
РКС – рентгеноконтрастное средство
САД – систолическое артериальное давление
СД – сахарный диабет
СДЙ – скорость доставки йода
ТГВ тромбоз глубоких вен
ТЭЛА – тромбоз эмболия лёгочной артерии
ФР – фактор риска
ХСН – хроническая сердечная недостаточность
ЧДД – частота дыхательных движений
ЧСС – частота сердечных сокращений
ЭКГ – электрокардиография
ЭхоКГ – эхокардиография