

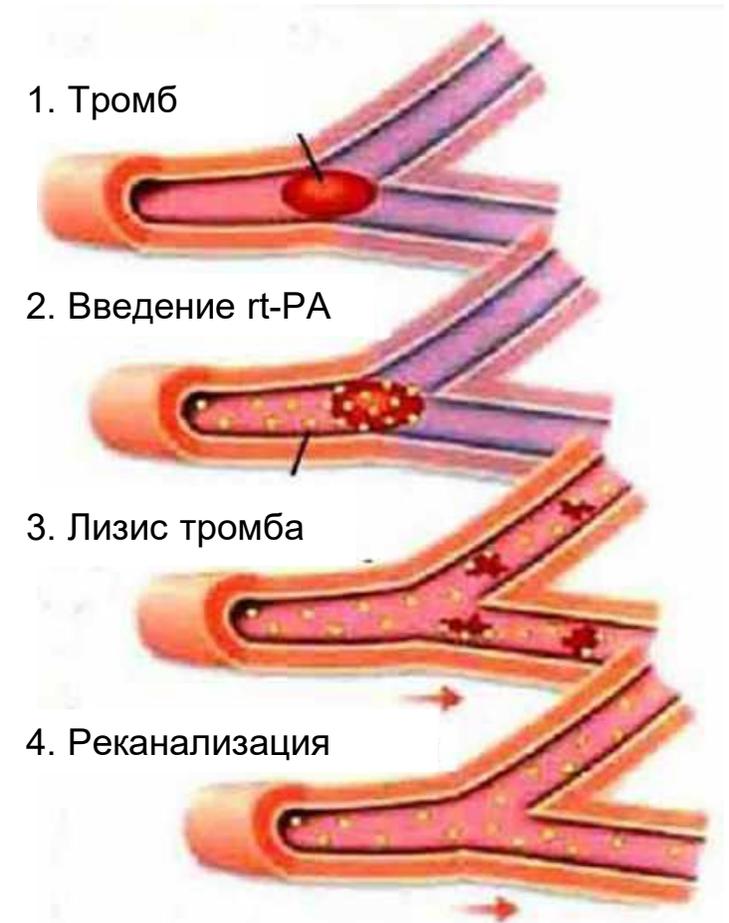
Нейровизуализация пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения – организационные и технические аспекты



Доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии
УО «Белорусский государственный медицинский университет»
Сенько Кирилл Валентинович

Минск 2024

- Нейровизуализация в отделении неотложной помощи играет основополагающую роль в диагностике острого инфаркта головного мозга на протяжении более двух десятилетий
- С одобрением FDA рекомбинантного тканевого активатора плазминогена (rt-PA) для лечения ИМ в 1995 году, компьютерная томография головного мозга стала рутинным исследованием при диагностике пациентов с симптомами ОНМК



Современные официально разрешенные реперфузионные технологии



в/в ТЛТ (медикаментозный тромболизис)

- в/в ТЛТ является основополагающим методом в стратегиях реперфузии при ИМ



Эндоваскулярная терапия (ТЭ, ТА)

- ЭТ приносит пользу большинству пациентов с ИМ, вызванным окклюзией проксимальной части бассейна сонной артерии;
- ЭТ не должна задерживать проведение в/в ТЛТ и наоборот ^{1,2}



в/в ТЛТ+ЭТ (этапная реперфузия)

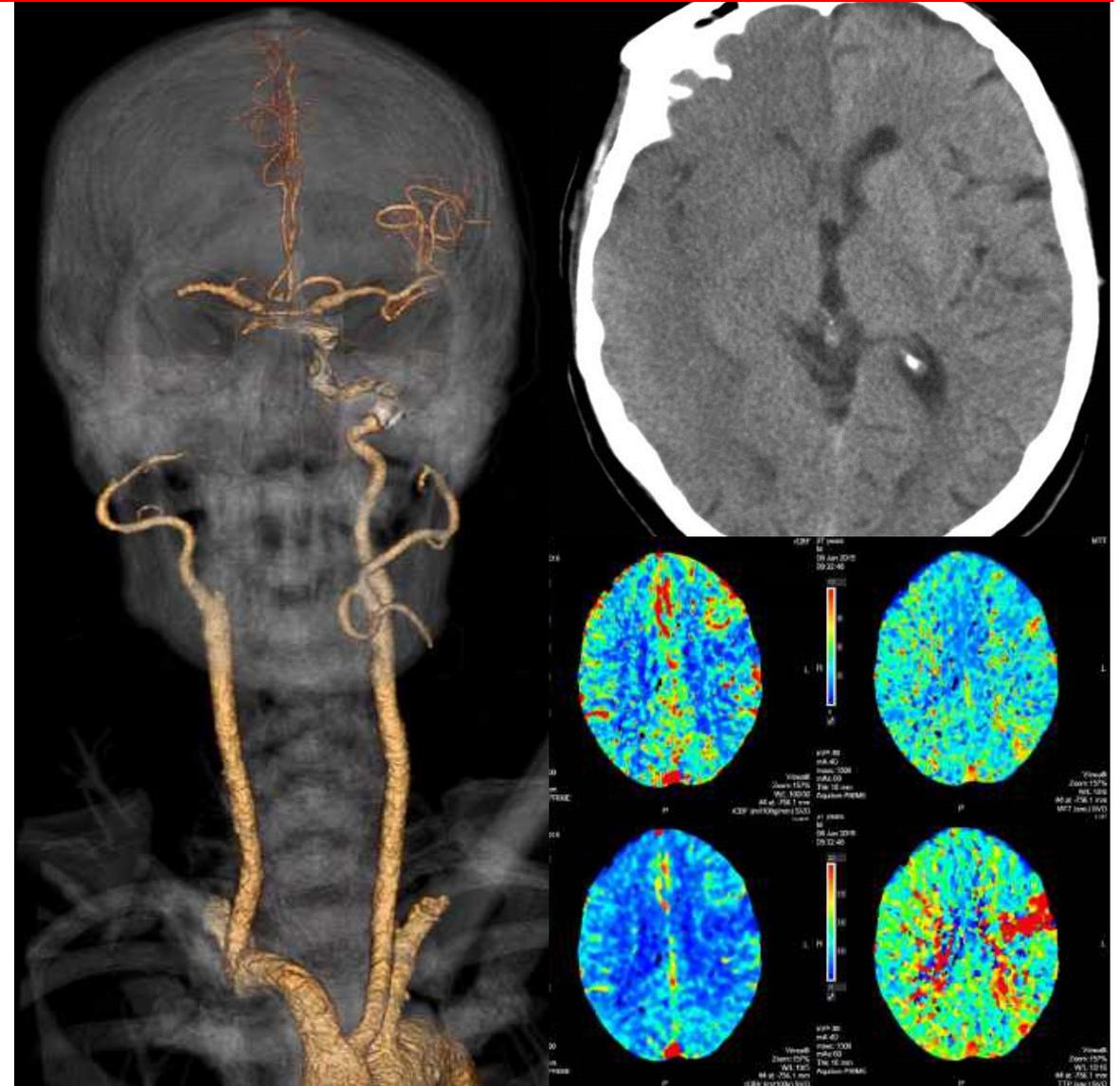
- rt-PA и ЭТ в совокупности обеспечивают фармакоинвазивную реперфузию ¹
- Комбинированный фармакоинвазивный подход к лечению больных ИМ привел к изменению парадигмы и способствует дальнейшему развитию инсультных сетей

1. Powers WJ, et al. Stroke 2018; e46-e100.

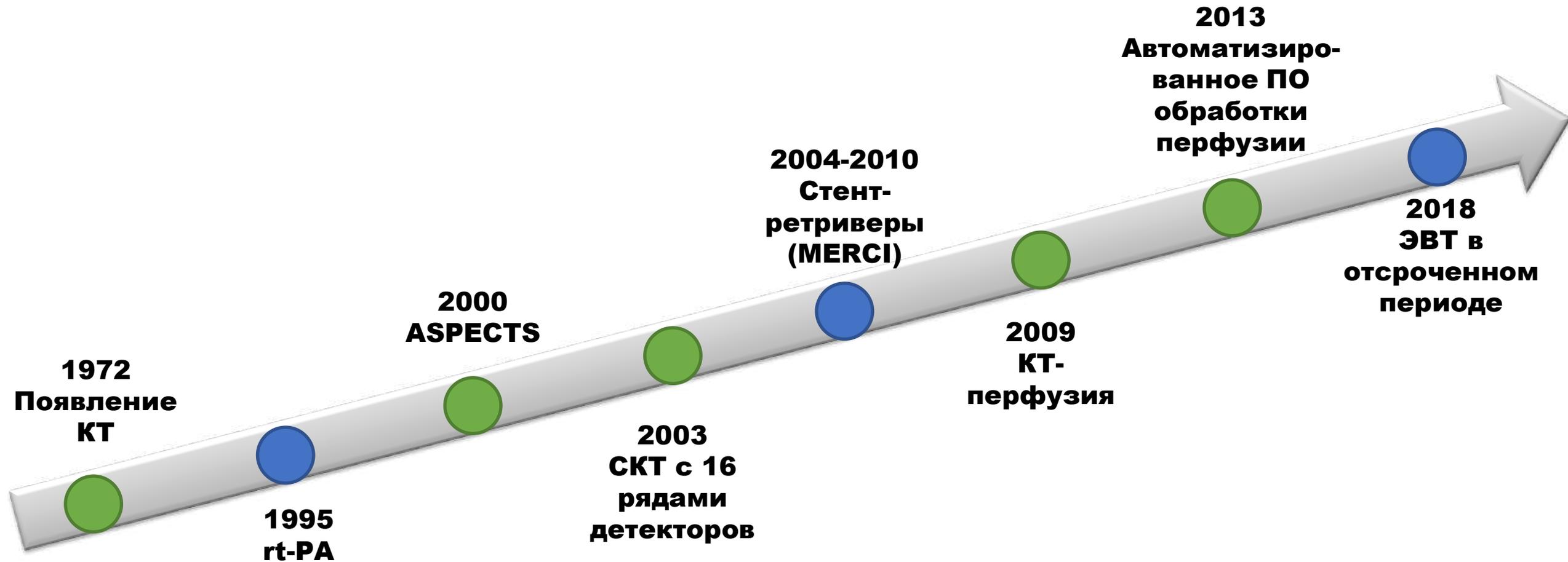
2. The European Stroke Organisation (ESO) Executive Committee and the ESO Writing Committee. Cerebrovasc Dis 2008; 25(5):457-507.

Мультимодальная КТ-диагностика

- **НКТ** визуализация паренхимы головного мозга имеет основополагающую роль в отборе пациентов для всех видов реперфузионной терапии острого инсульта
- **КТА** – метод визуализации церебральных и брахиоцефальных артерий от дуги аорты
- **КТП** качественно и количественно демонстрирует ткань, подверженную риску инфаркта (пенумбру), а также объем сформировавшегося ишемического ядра



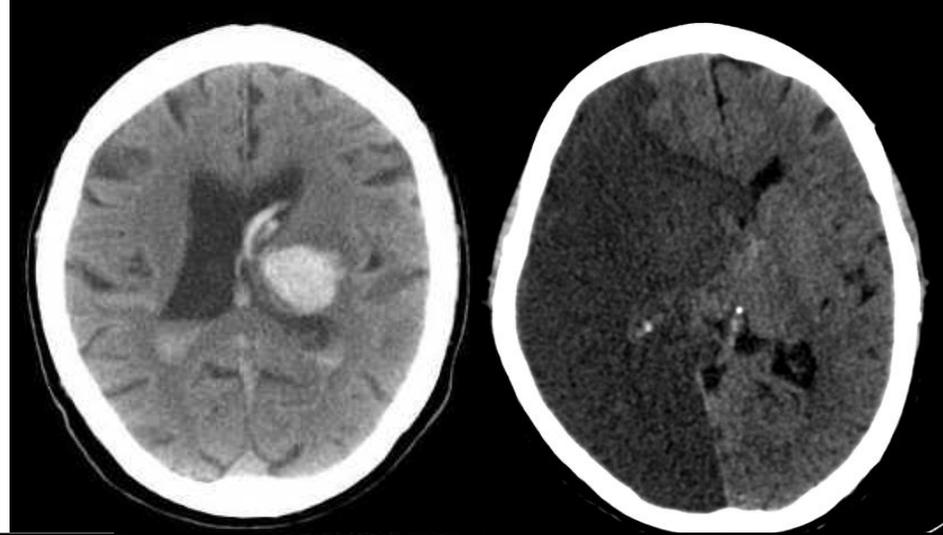
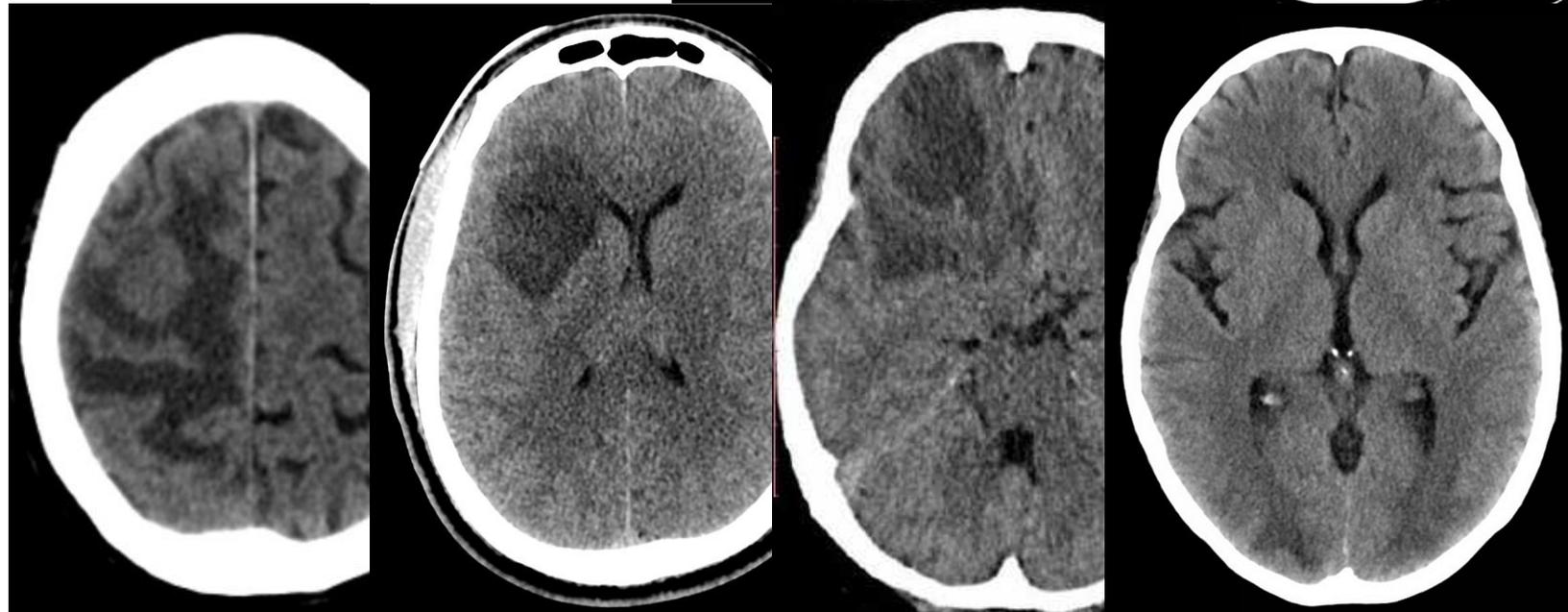
Эволюция нейровизуализации и реперфузионных методов терапии при ИМ



Мультимодальная КТ-диагностика (основные задачи):

➤ Нативная КТ:

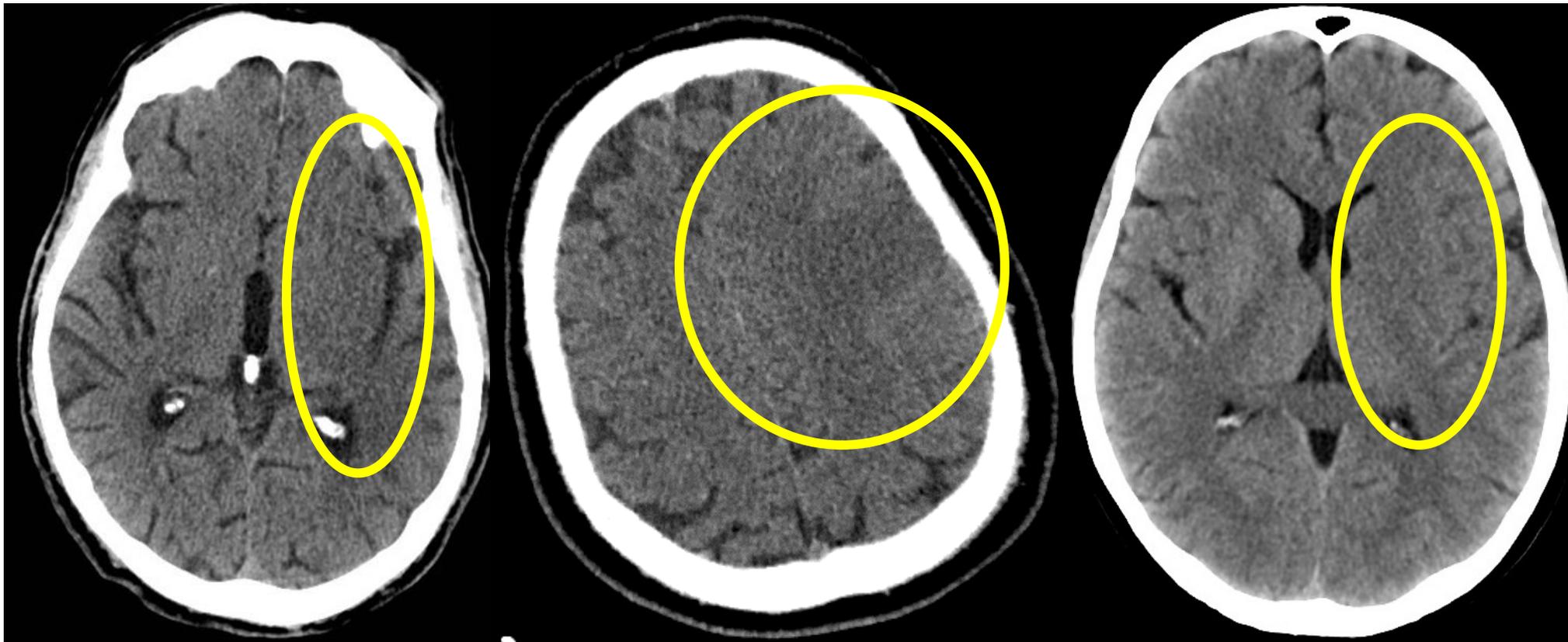
1. Существуют ли противопоказания к лечению, включающие кровоизлияние или обширный инфаркт?
2. Есть ли признаки, указывающие на заболевания, имеющие схожую симптоматику с ОНМК?



Нативная КТ

Ранние признаки острой ишемии

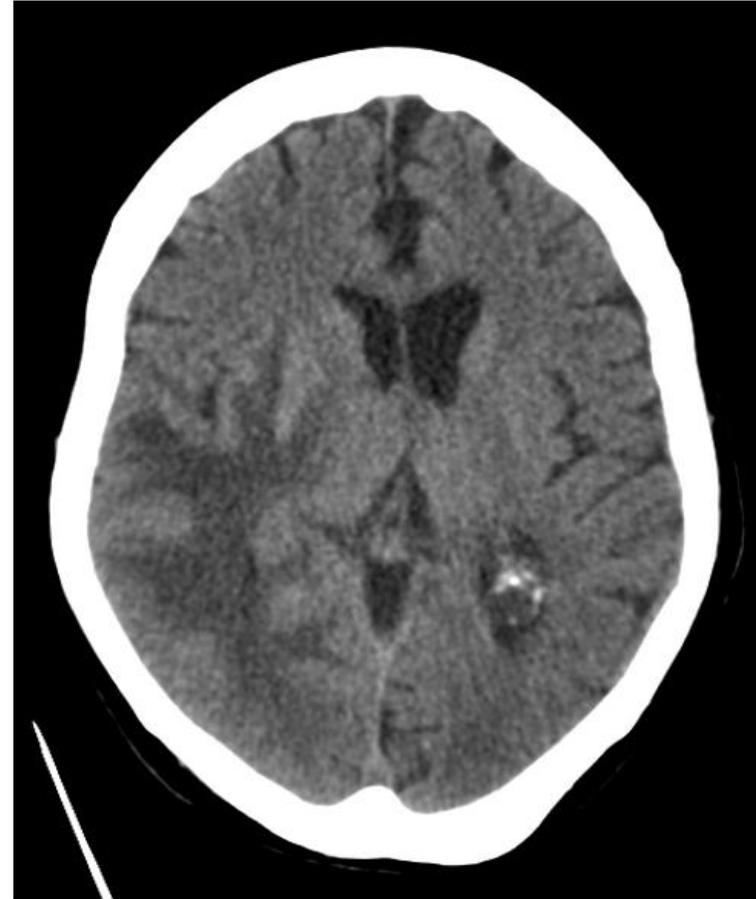
- Утрата зубчатой структуры островка мозга
- Снижение дифференциации серого и белого вещества
- Изоденсивность базальных ганглиев



Нативная КТ



Цитотоксический отек при
острой ишемии



Вазогенный отек при mts
поражении

Нативная КТ

Ранние признаки острой ишемии

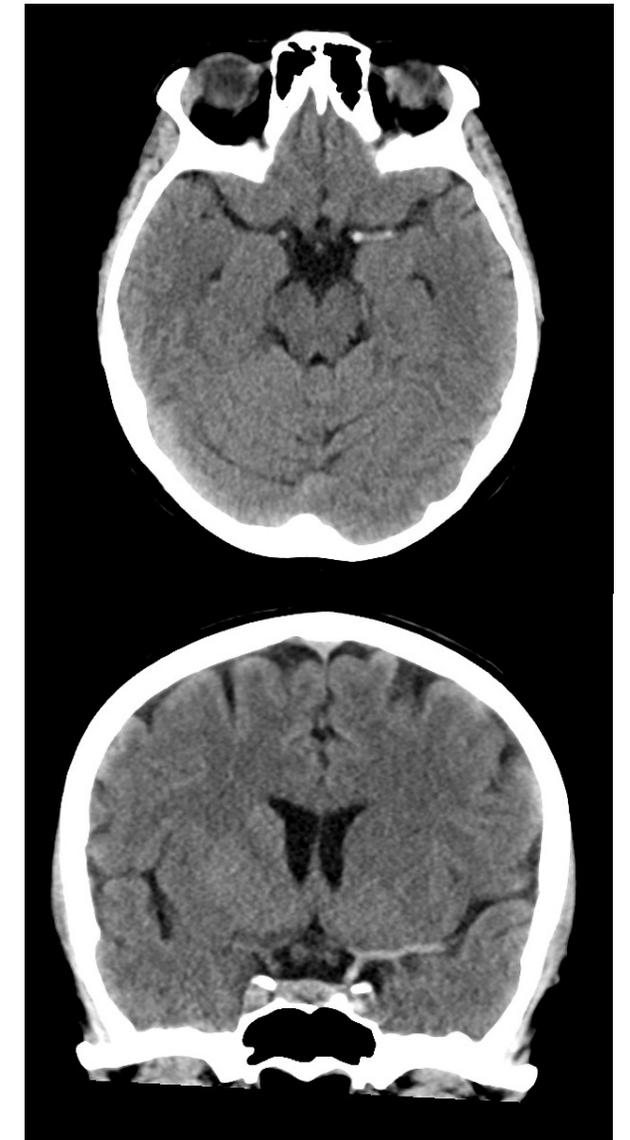
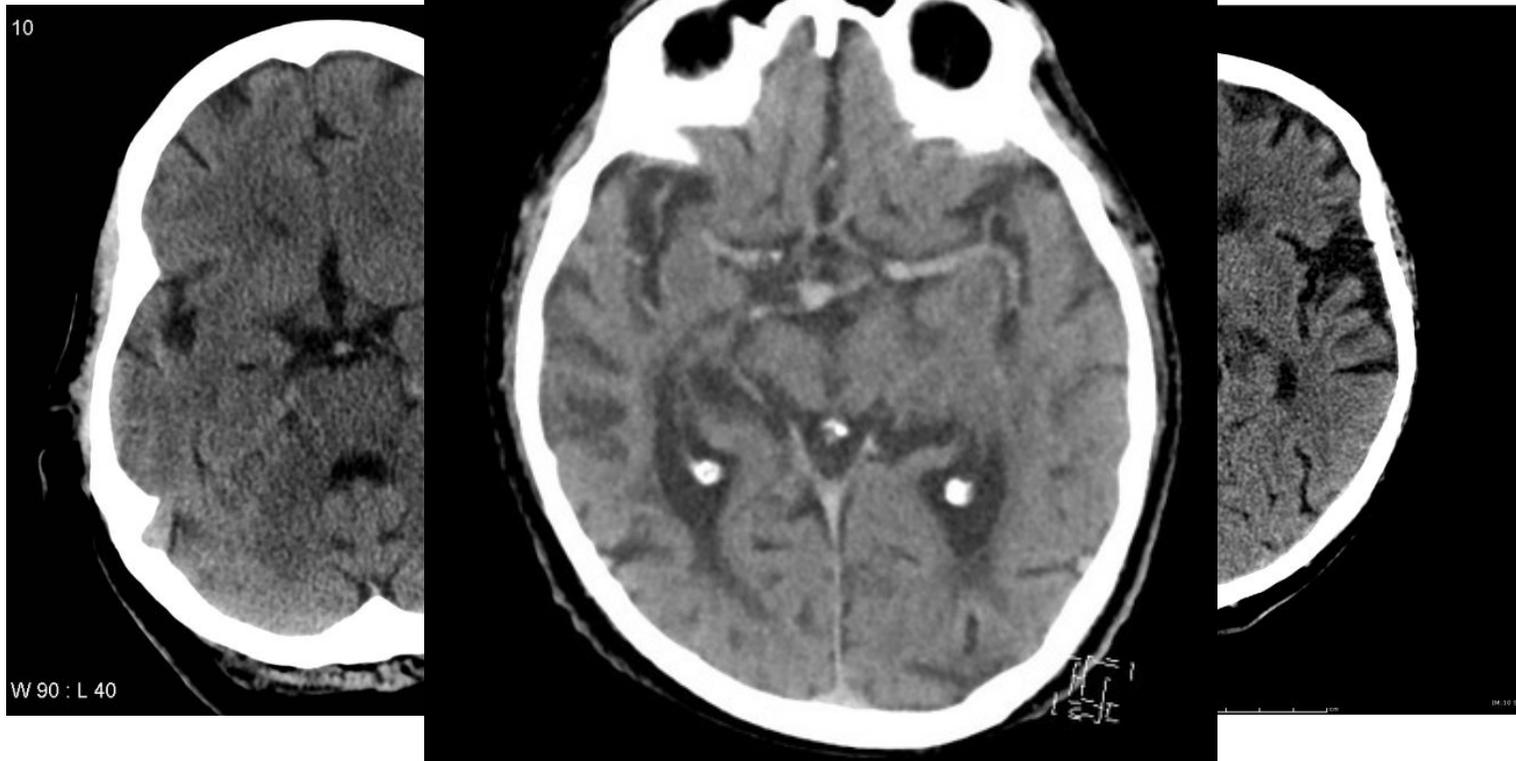
- Развивающийся эффект объемного воздействия на ликворосодержащие пространства мозга («масс-эффект»)



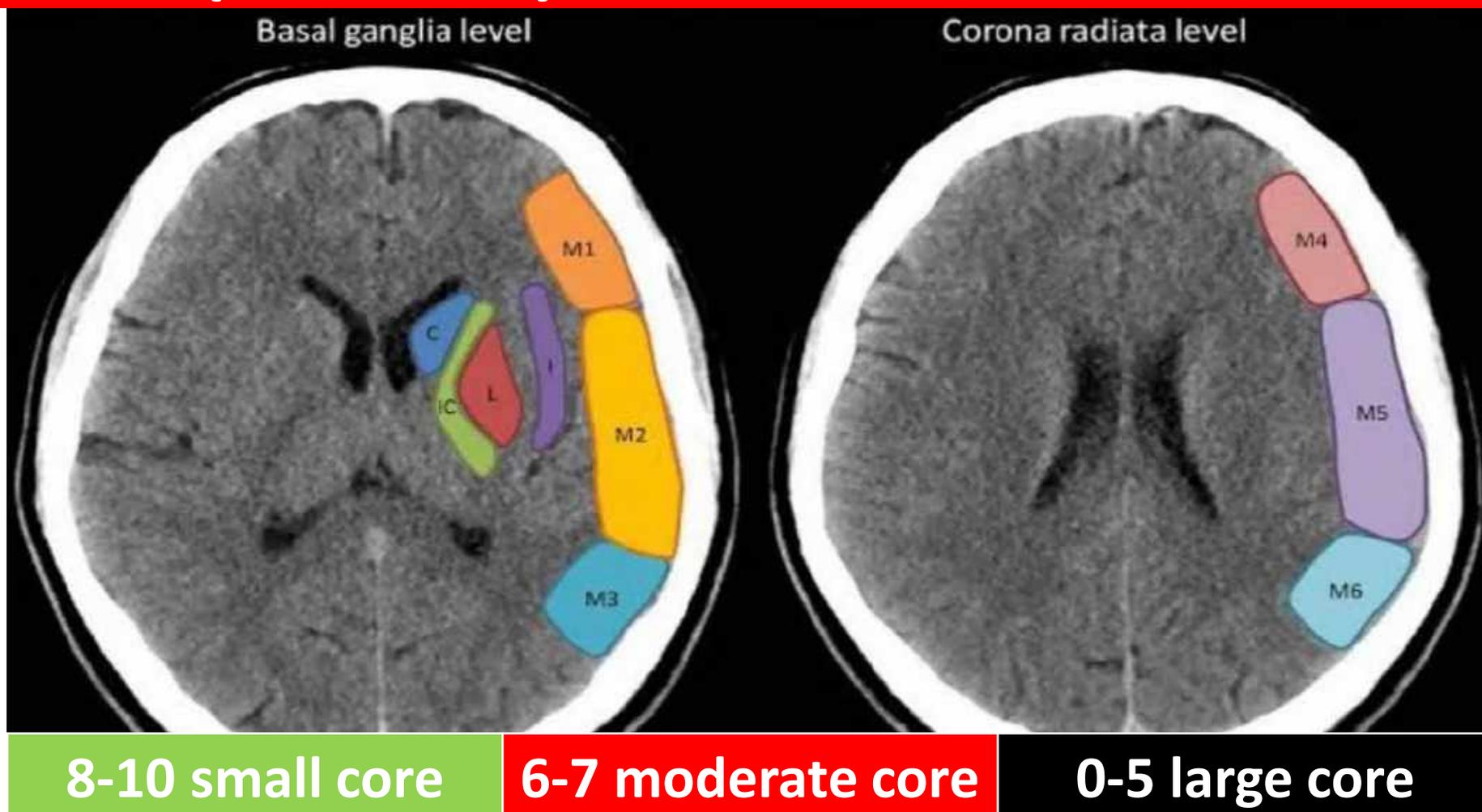
Нативная КТ

Ранние признаки острой ишемии

- гиперденсивность участка мозговой артерии на стороне поражения



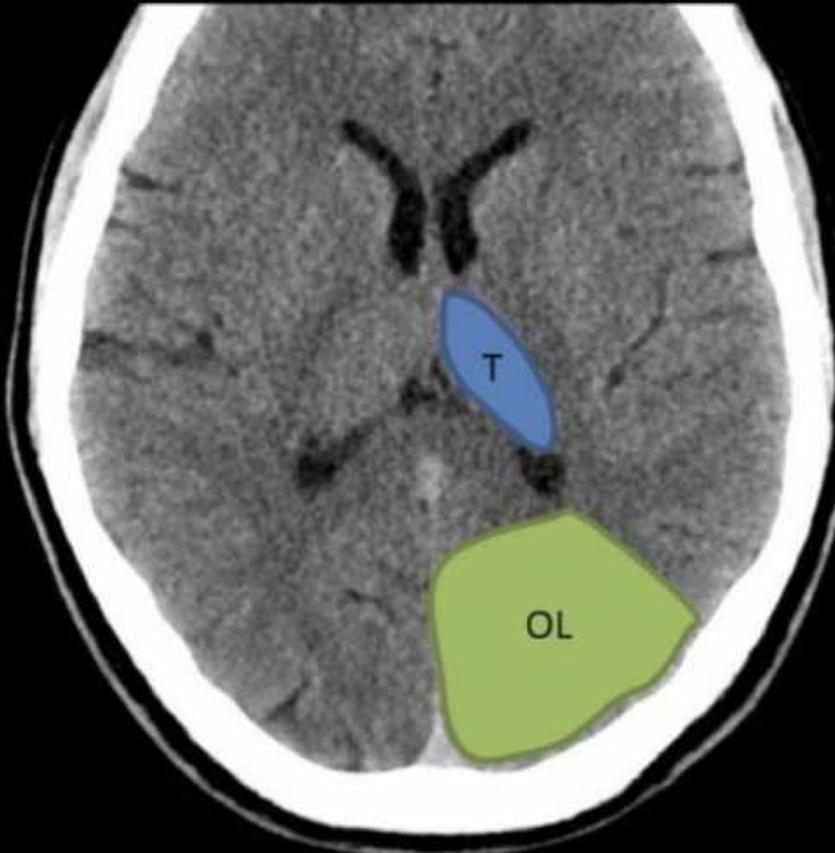
Нативная КТ МСА Alberta stroke program early CT score (ASPECTS)



C – caudate; I – insular ribbon; IC – internal capsule; L – lentiform nucleus; M1, M2, M3, M4, M5, M6 – MCA cortex

Posterior circulation Alberta stroke program early CT score (pc-ASPECTS)

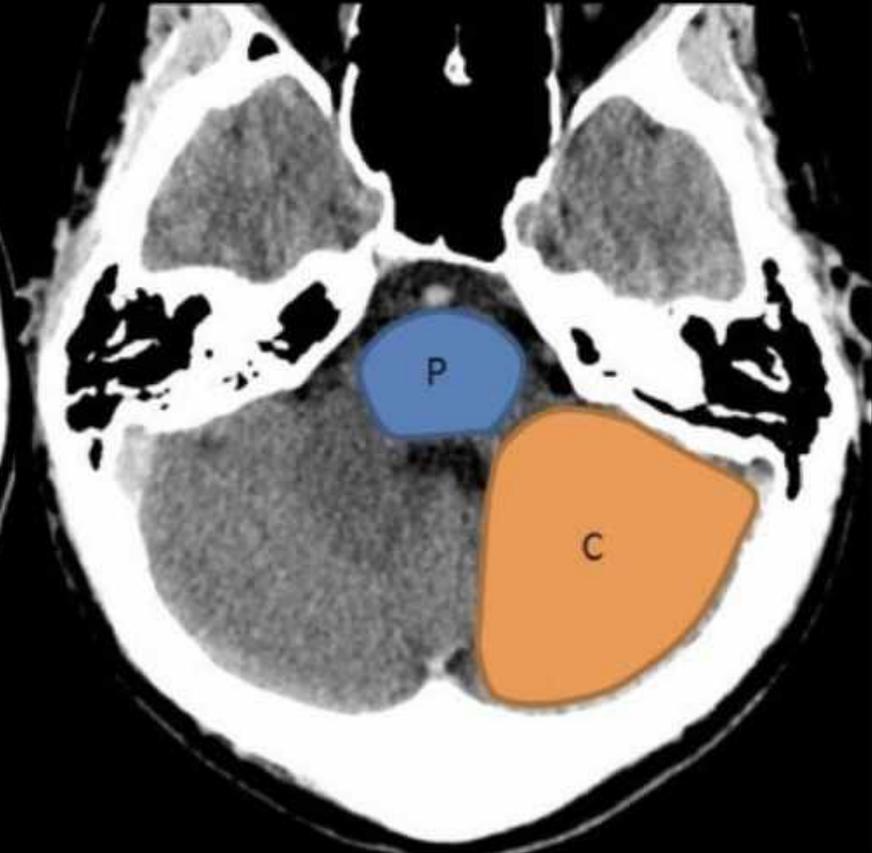
Thalami level



Midbrain level



Pons level



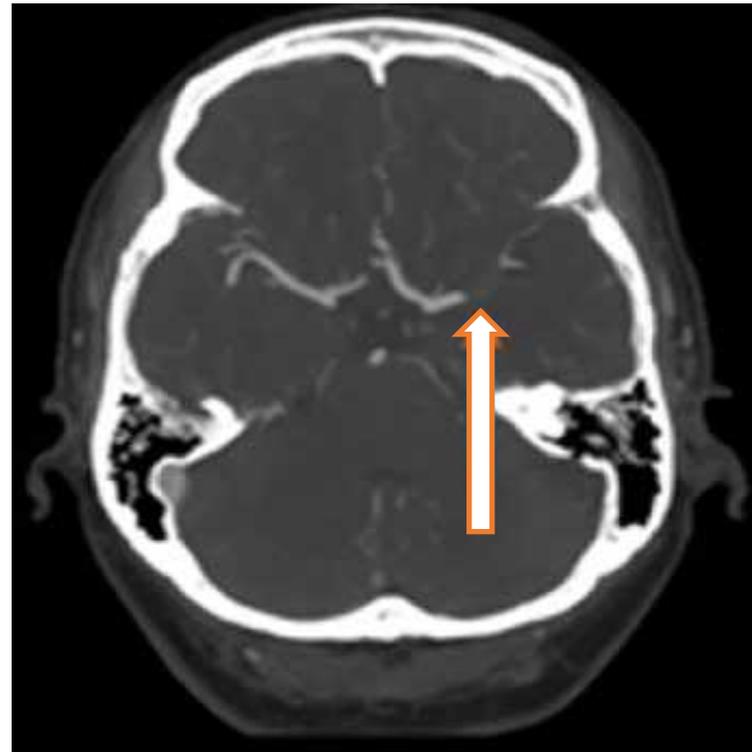
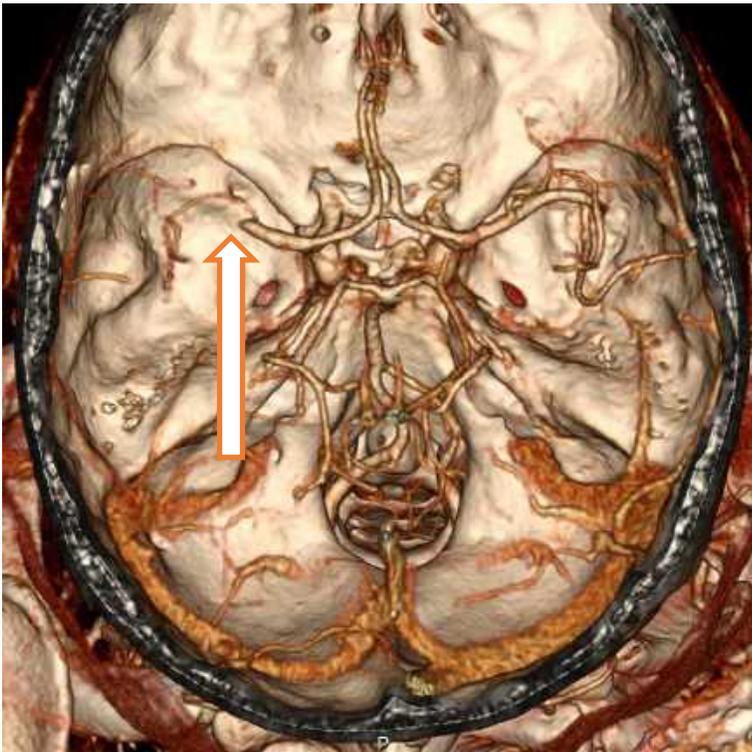
T – thalamus (1 балл); OL – occipital lobe (1 балл); M – any part of the midbrain (2 балла); P – any part of the pons (2 балла); C – cerebellar hemisphere (1 балл)

Alwalid O, Posterior circulation - Acute stroke prognosis early CT score (pc-ASPECTS) illustration. Case study, Radiopaedia.org (Accessed on 30 Nov 2023)
<https://doi.org/10.53347/rID-72707>

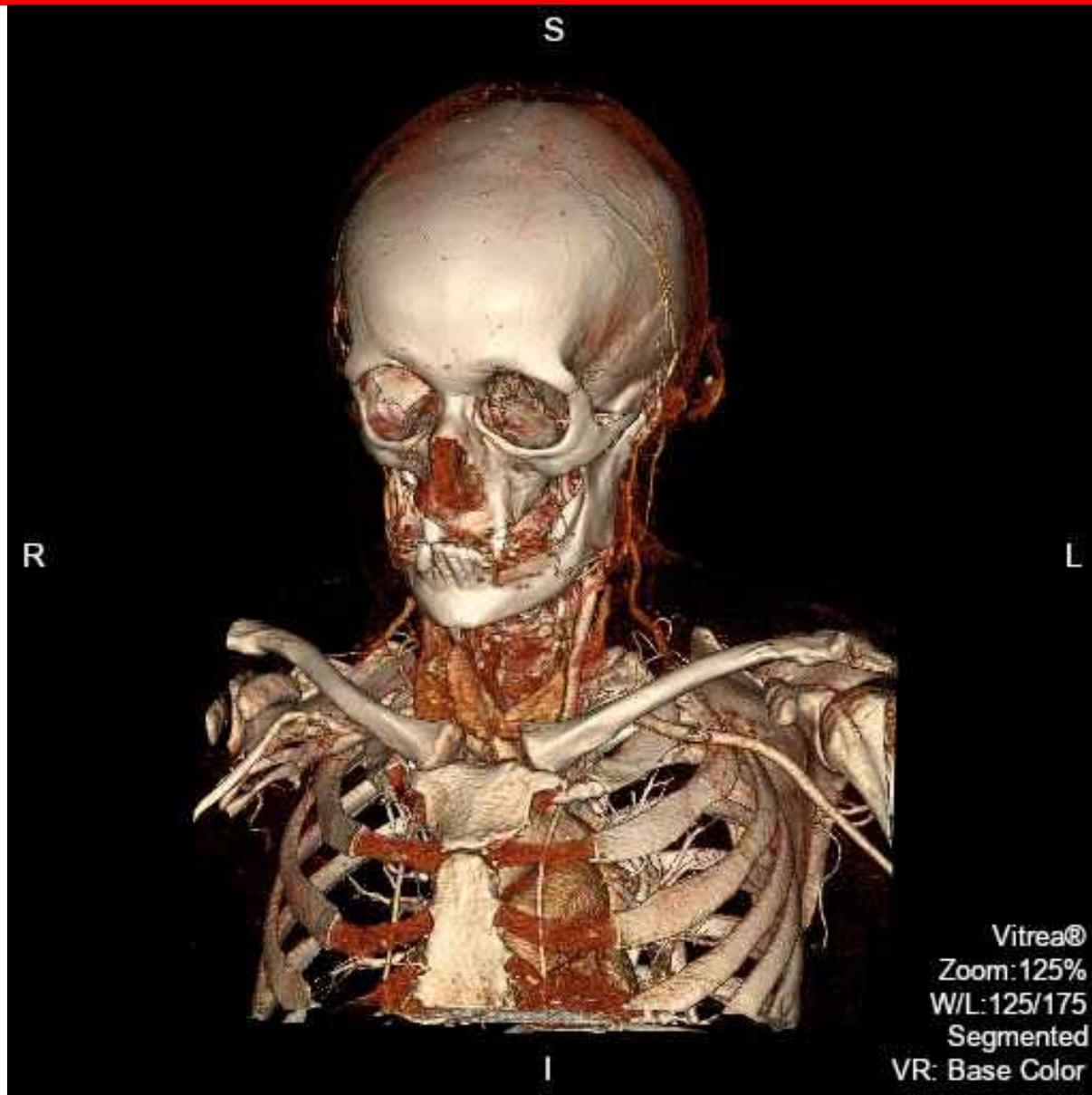
Мультимодальная КТ-диагностика (основные задачи):

- **КТ-ангиография:**

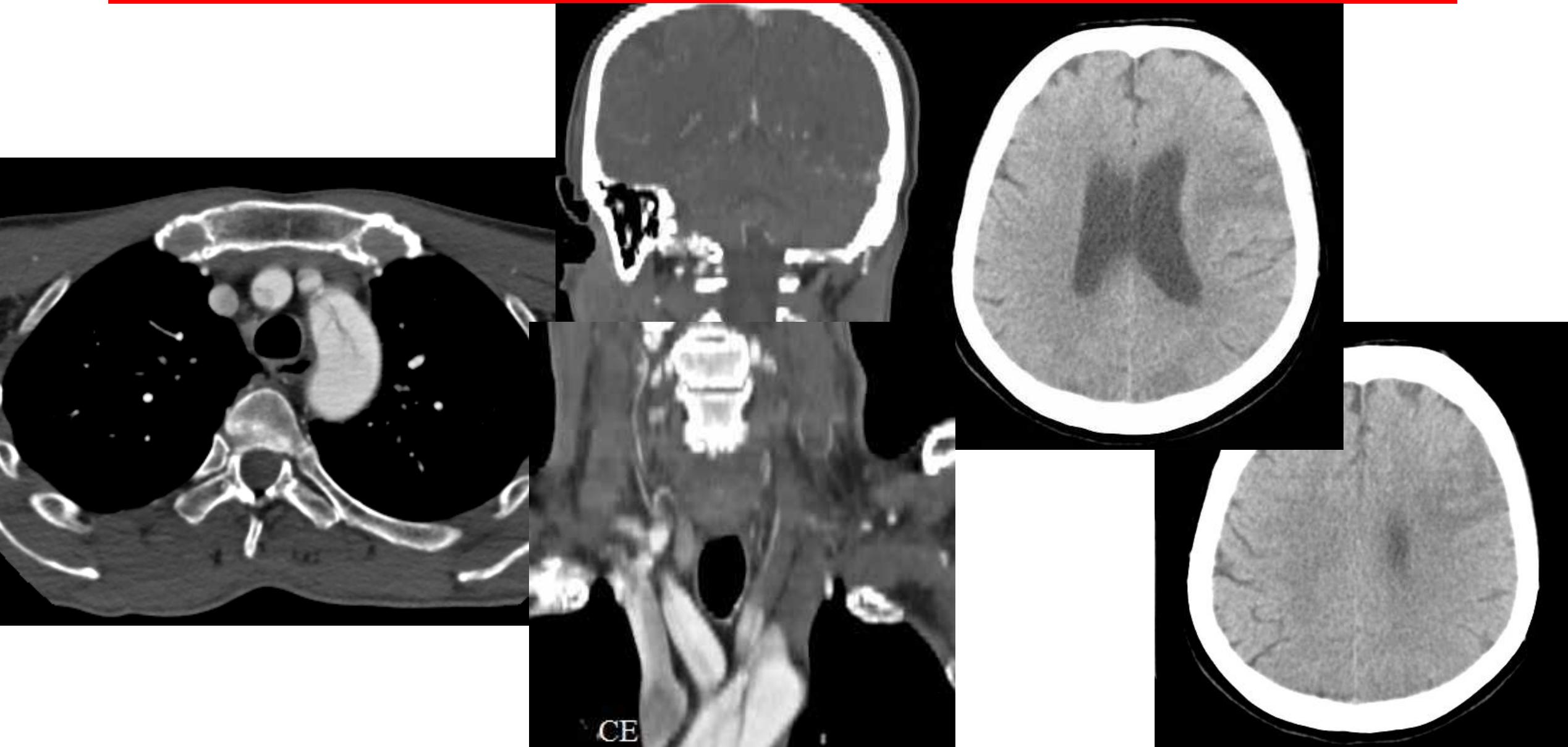
1. Есть ли проксимальная окклюзия церебральных артерий, которая может быть устранена с помощью ЭТ?
2. Оценка анатомии экстракраниальных артерий и выявление экстракраниальных стенозов
3. Оценка коллатералей



КТ-ангиография

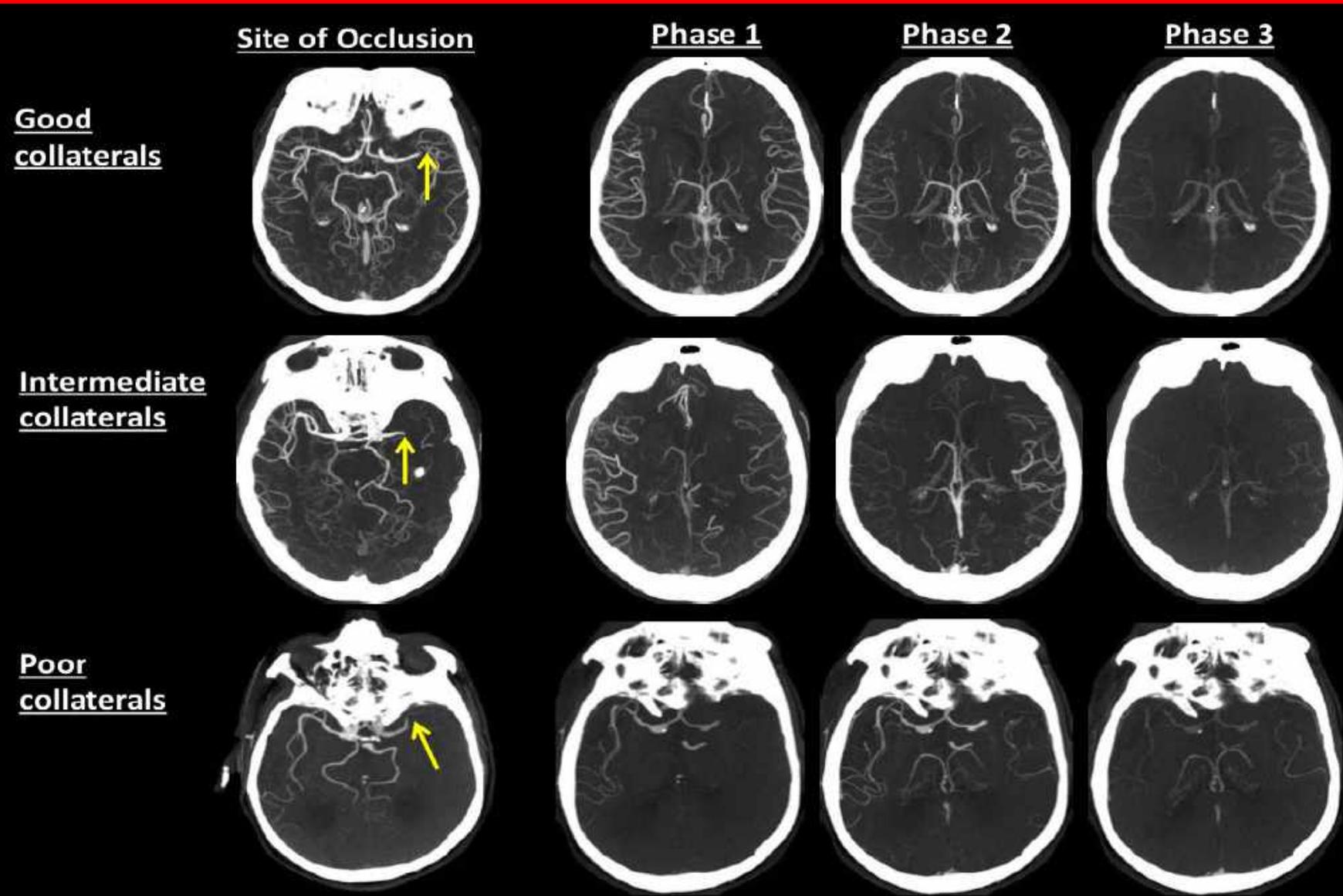


КТ-ангиография

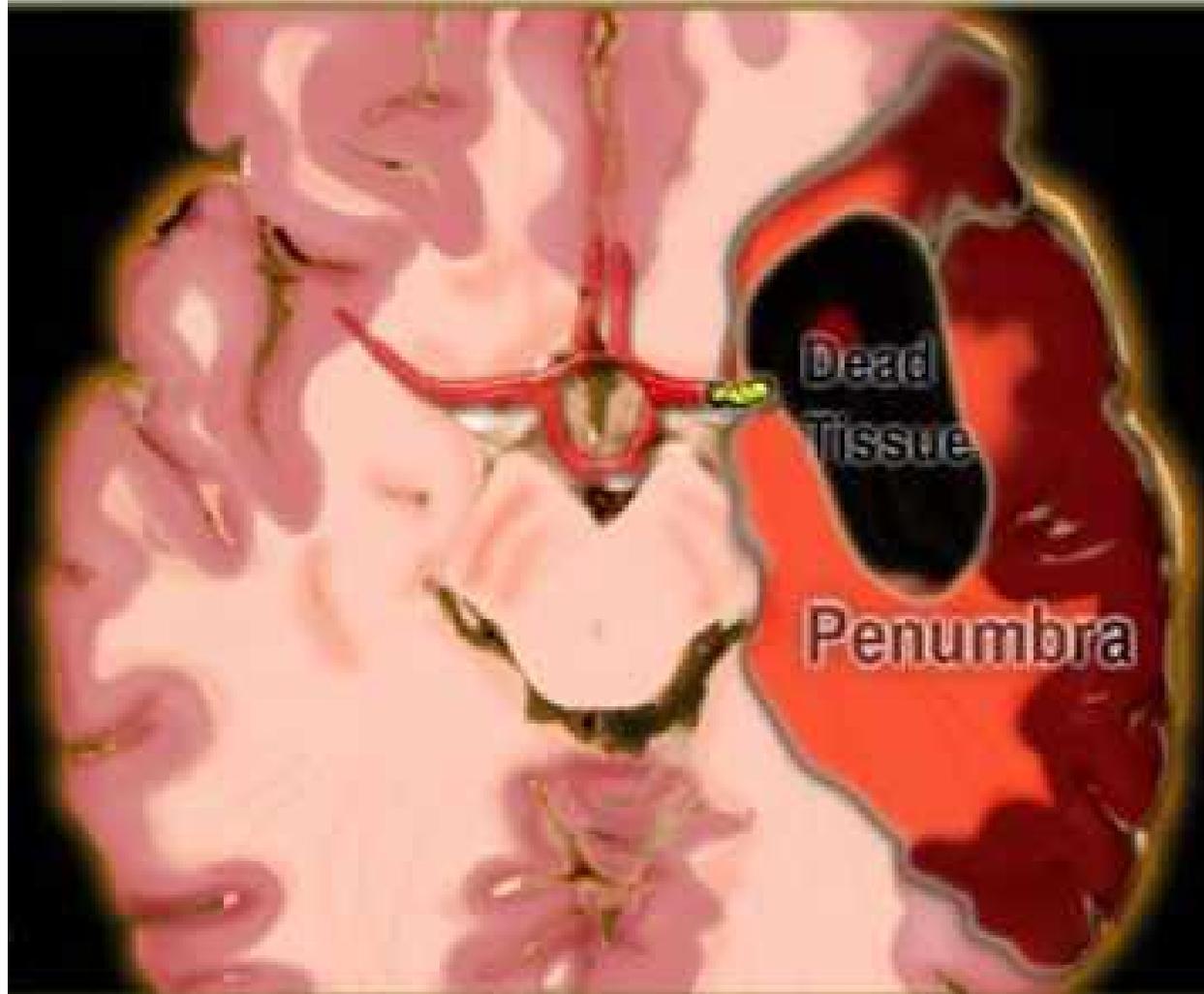


КТ-ангиография (Collateral score)

<http://aspectsinstroke.com/collateral-scoring>



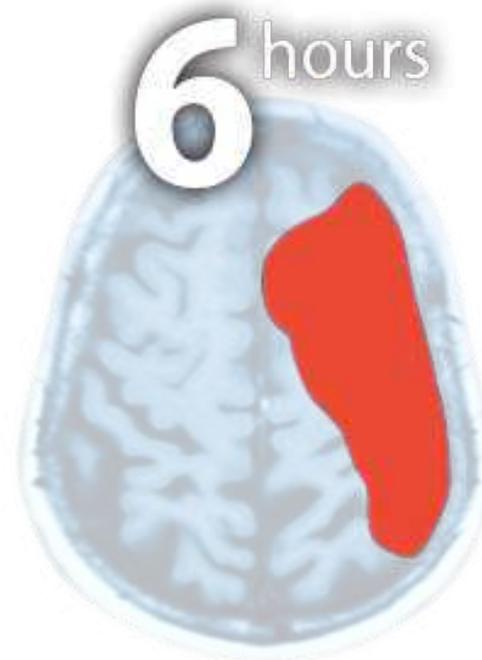
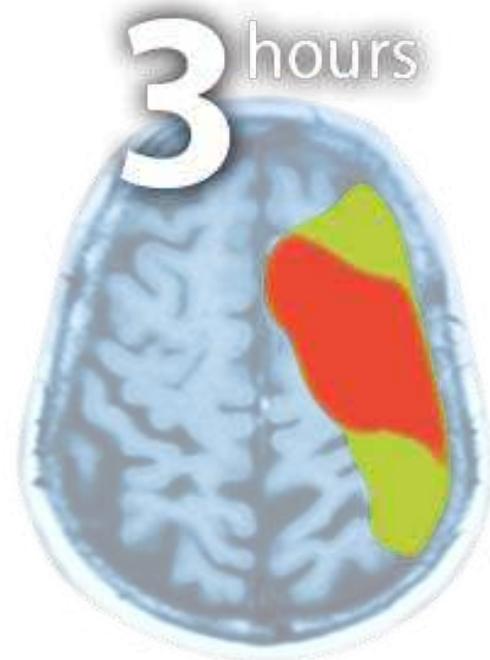
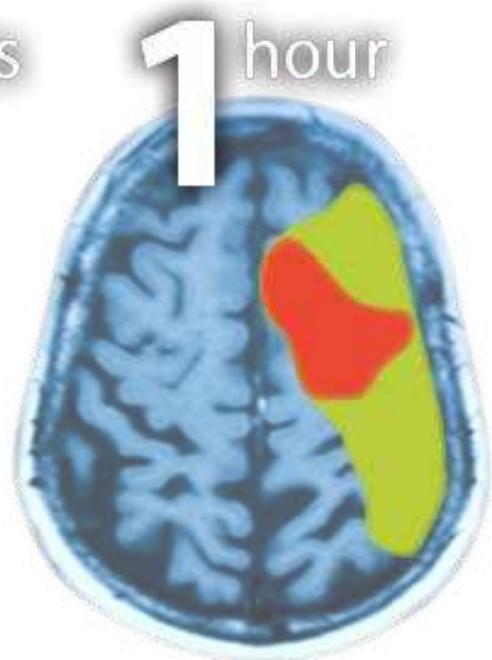
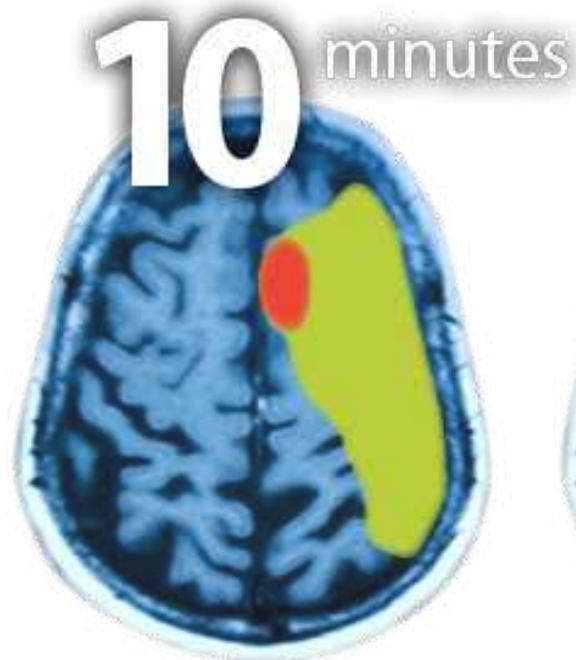
КТ-перфузия



КТ-перфузия



TIME IS BRAIN

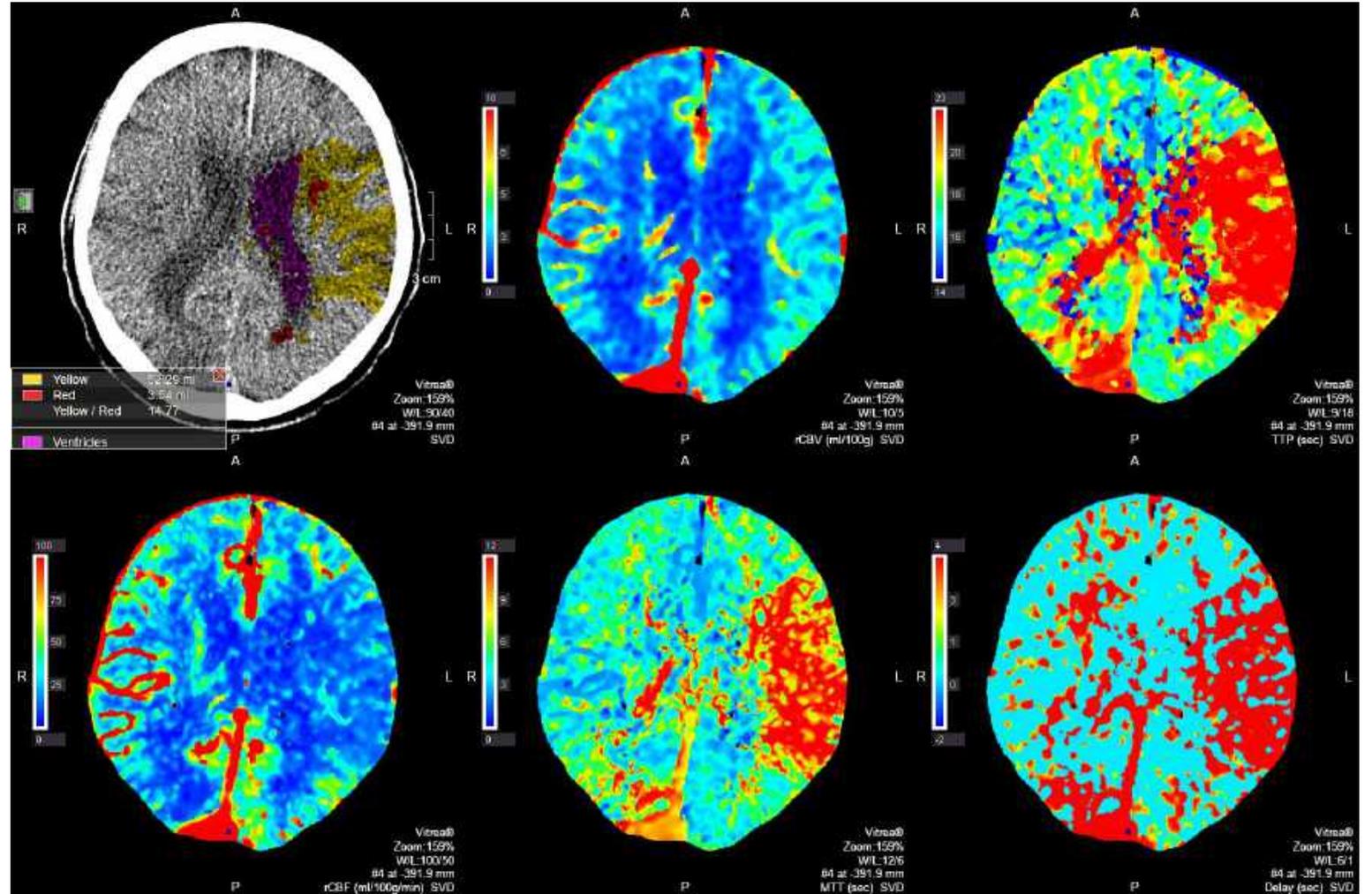


Мультимодальная КТ-диагностика (основные вопросы):

- КТ-перфузия:

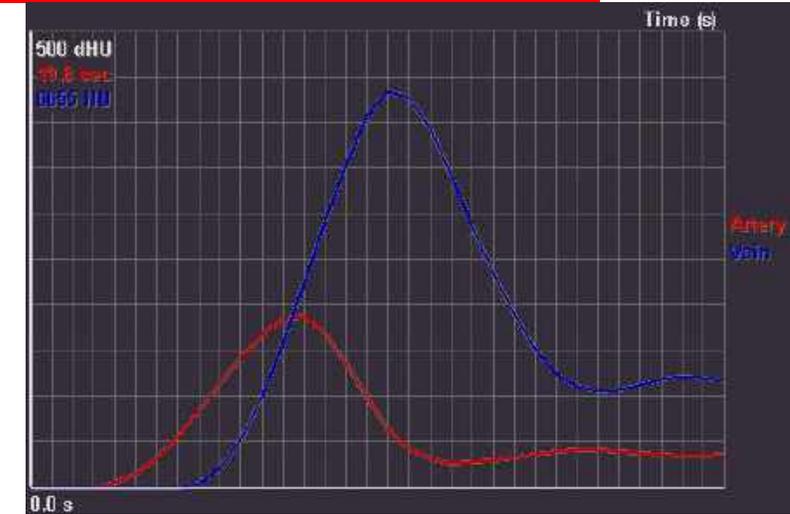
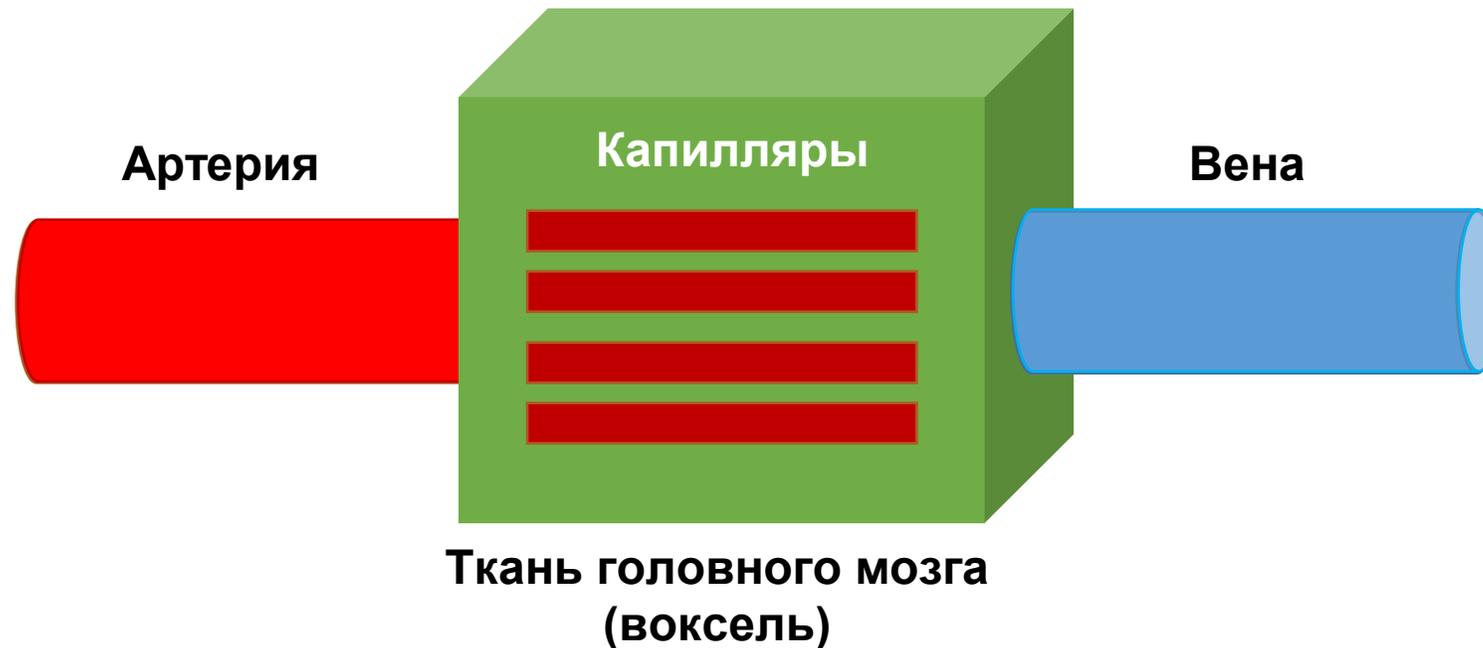
1. Какой объем
«ядра» инфаркта?

2. Какой объем
«пенумбры»?



КТ-перфузия

Нормальная перфузия головного мозга

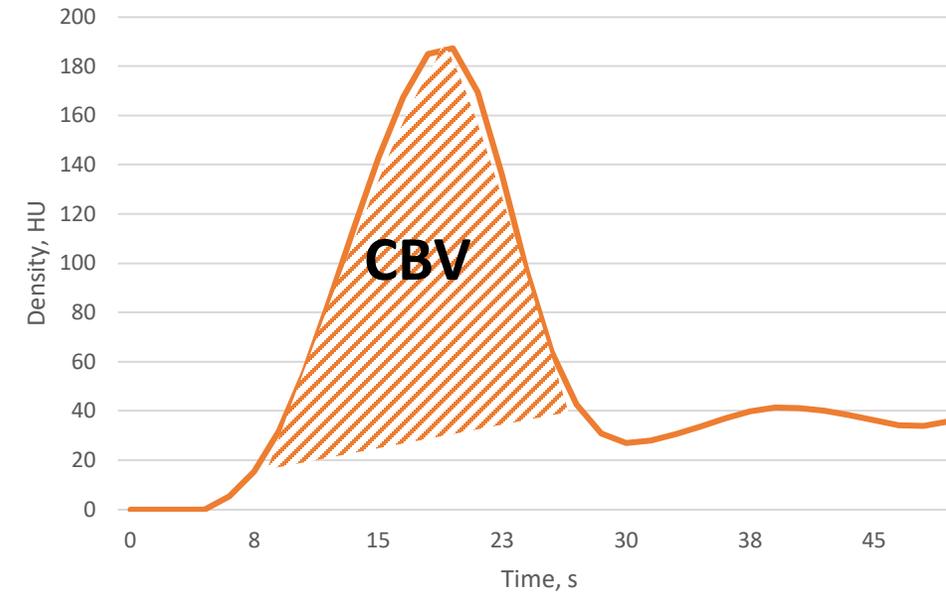
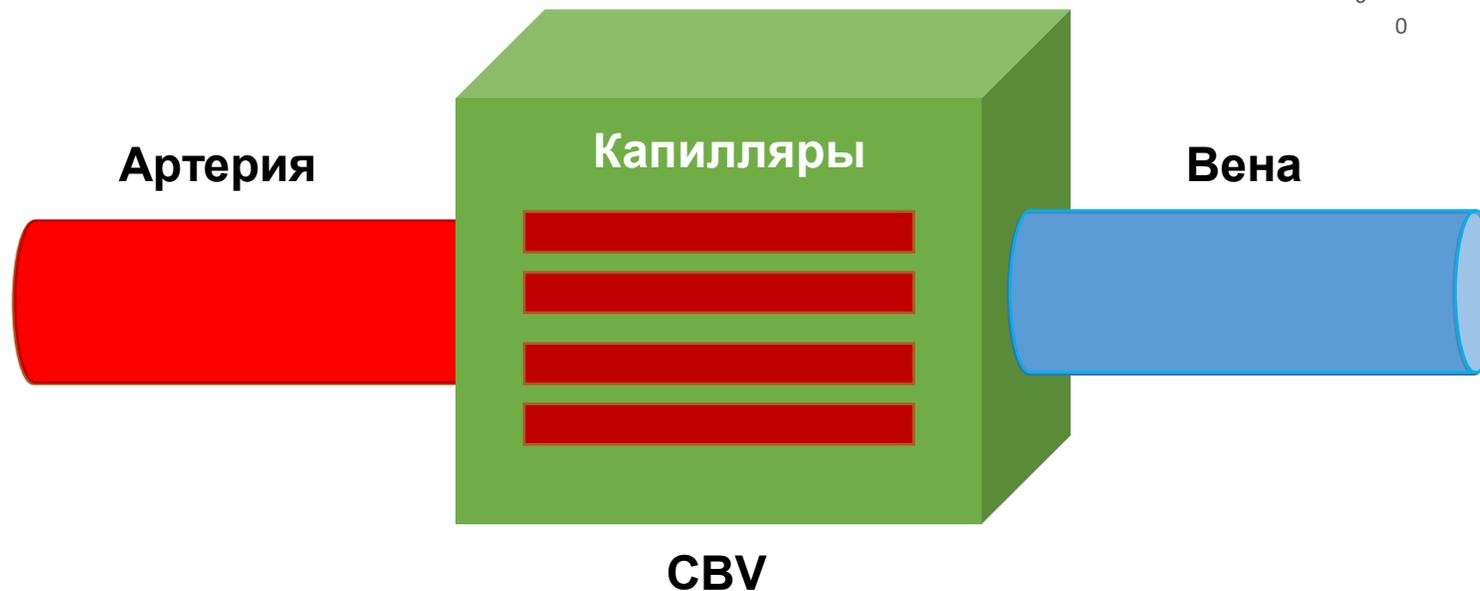


КТ-перфузия

Основные параметры, используемые для определения ядра и полутени

CBV (cerebral blood volume)

Измеряется в ml/100g вещества мозга

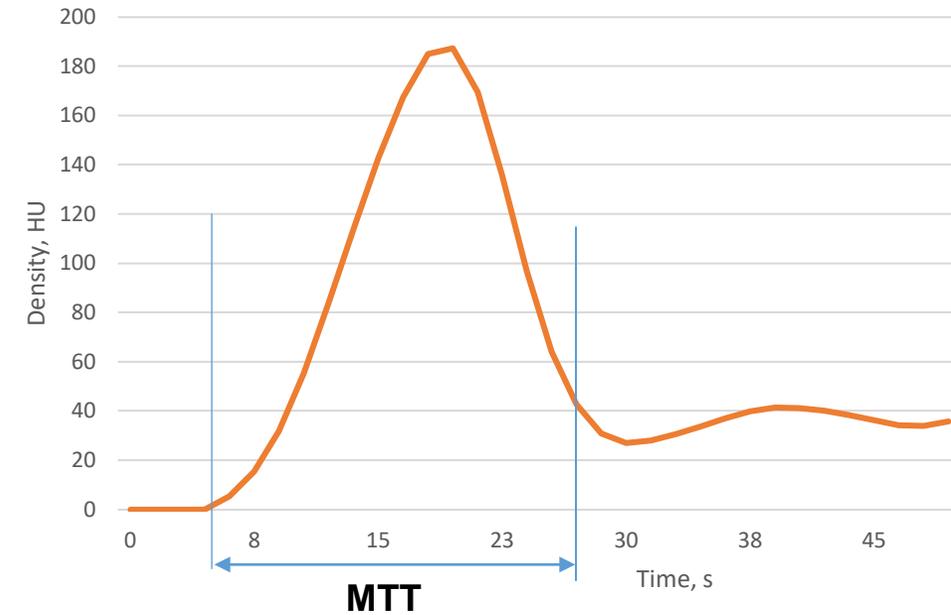
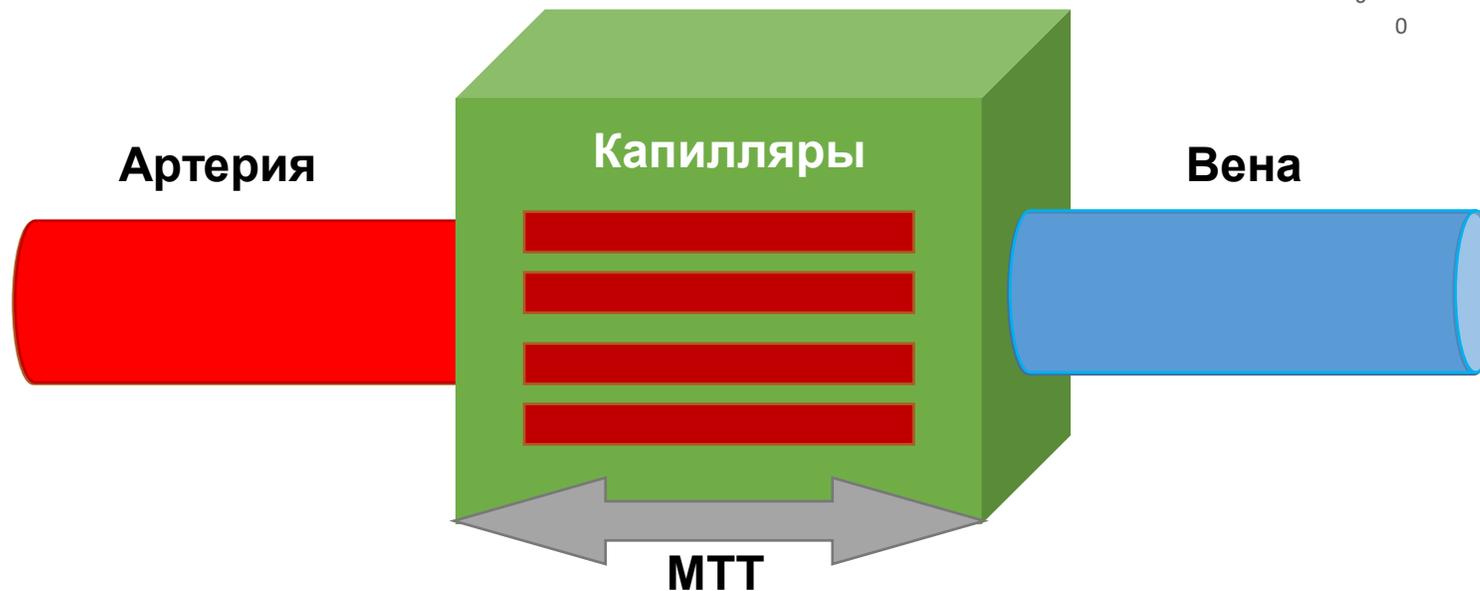


КТ-перфузия

Основные параметры, используемые для определения ядра и полутени

MTT (mean transit time)

Измеряется в секундах (s)

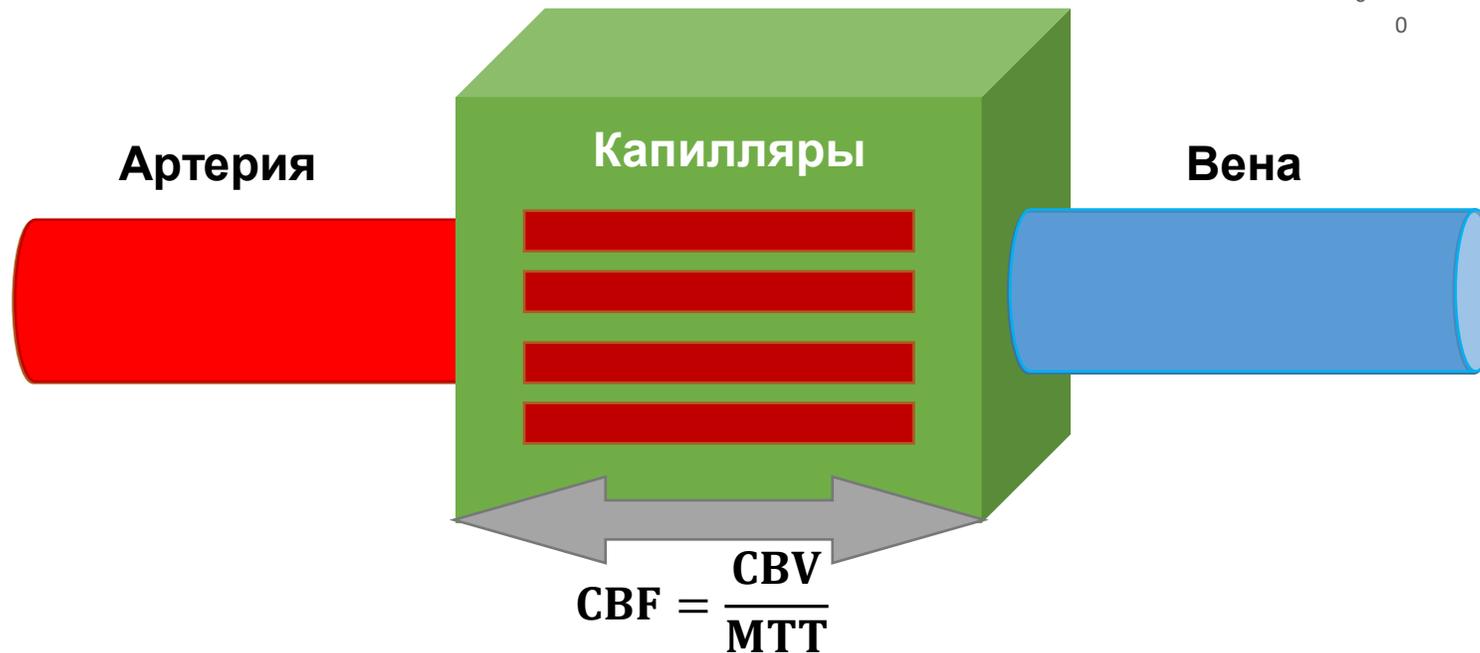
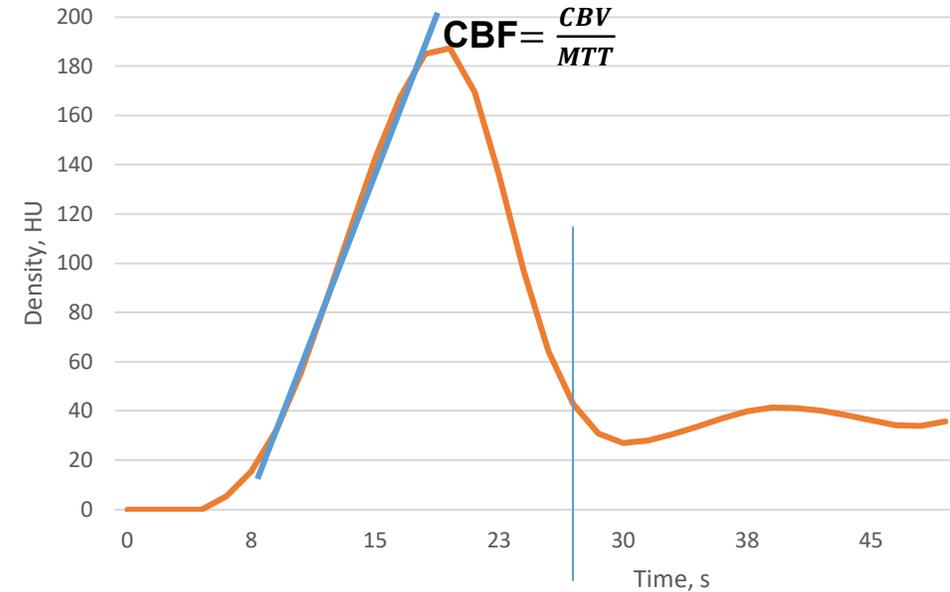


КТ-перфузия

Основные параметры, используемые для определения ядра и полутени

CBF (cerebral blood flow)

Измеряется в ml/min/100g вещества мозга

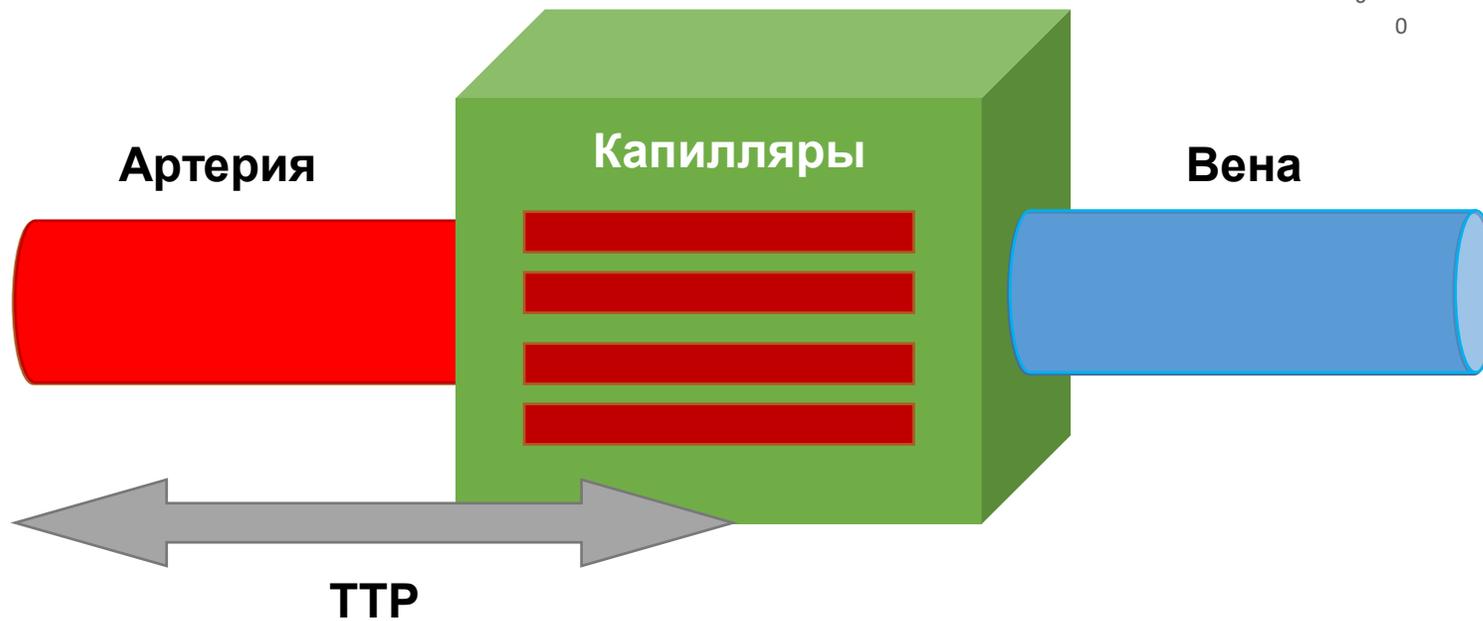
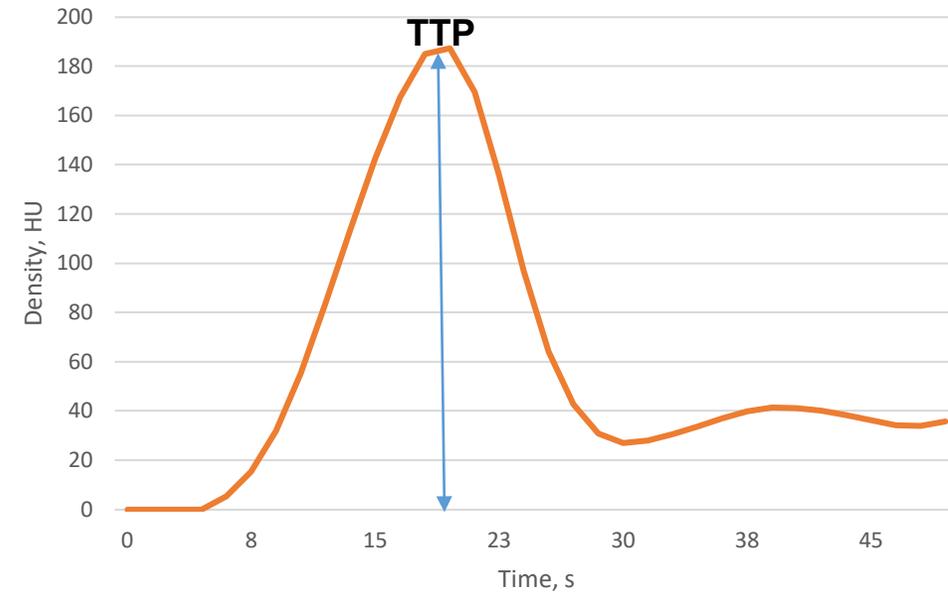


КТ-перфузия

Основные параметры, используемые для определения ядра и полутени

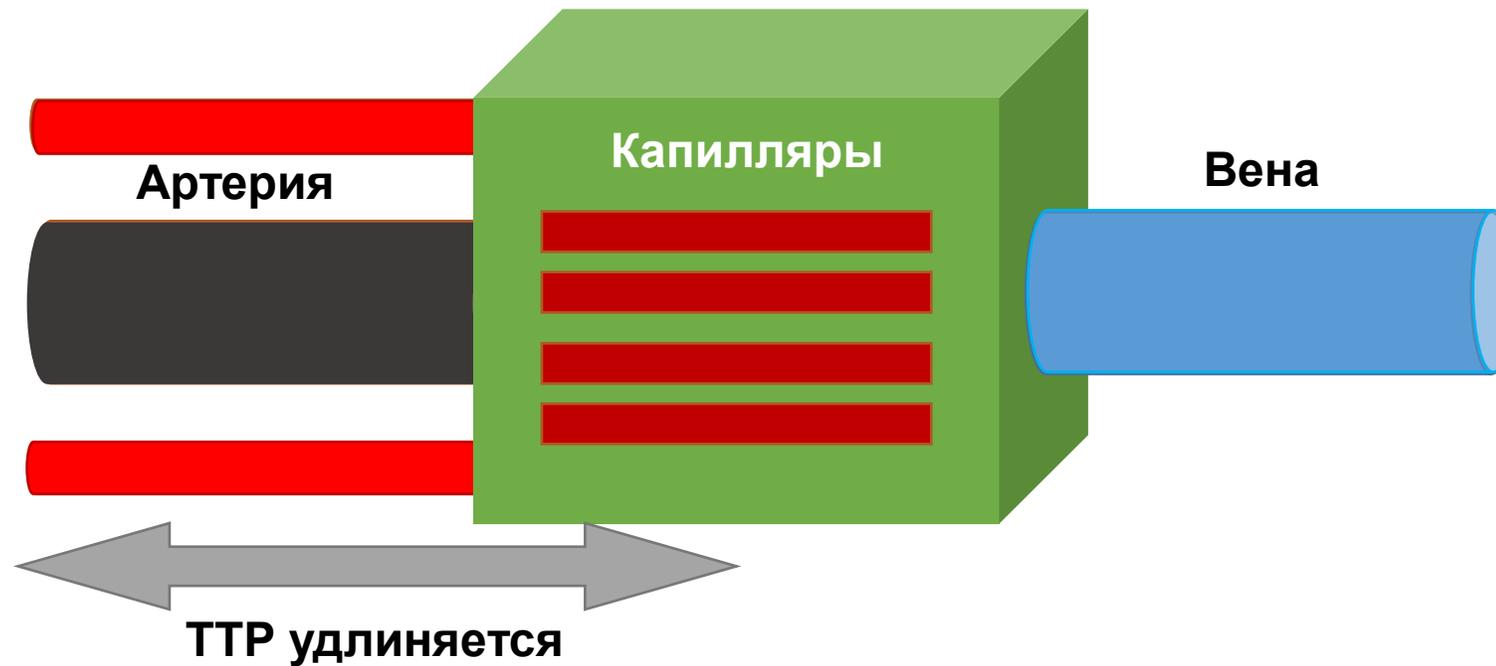
TTP (time to peak)

Измеряется в секундах (s)



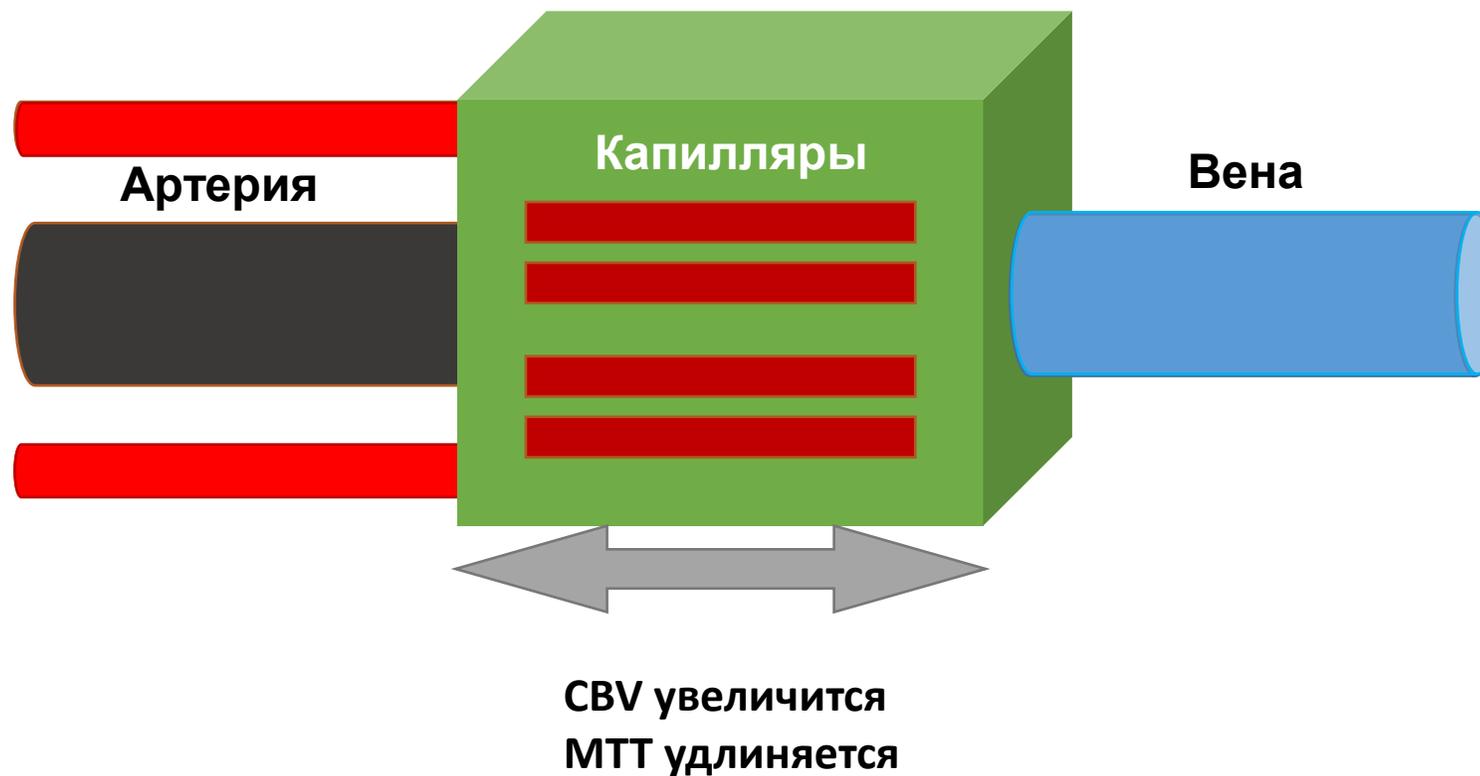
КТ-перфузия

Замедление потока крови в результате стеноза или окклюзии с коллатеральным кровотоком



КТ-перфузия

Ауторегуляция за счет вазодилатации
Снижение потока крови – гипоперфузия



КТ-перфузия

Недостаточность ауторегуляции
Ранняя ишемия ткани – недостаточный кровоток



CBV уменьшается

КТ-перфузия

Кровоток отсутствует
Инфаркт



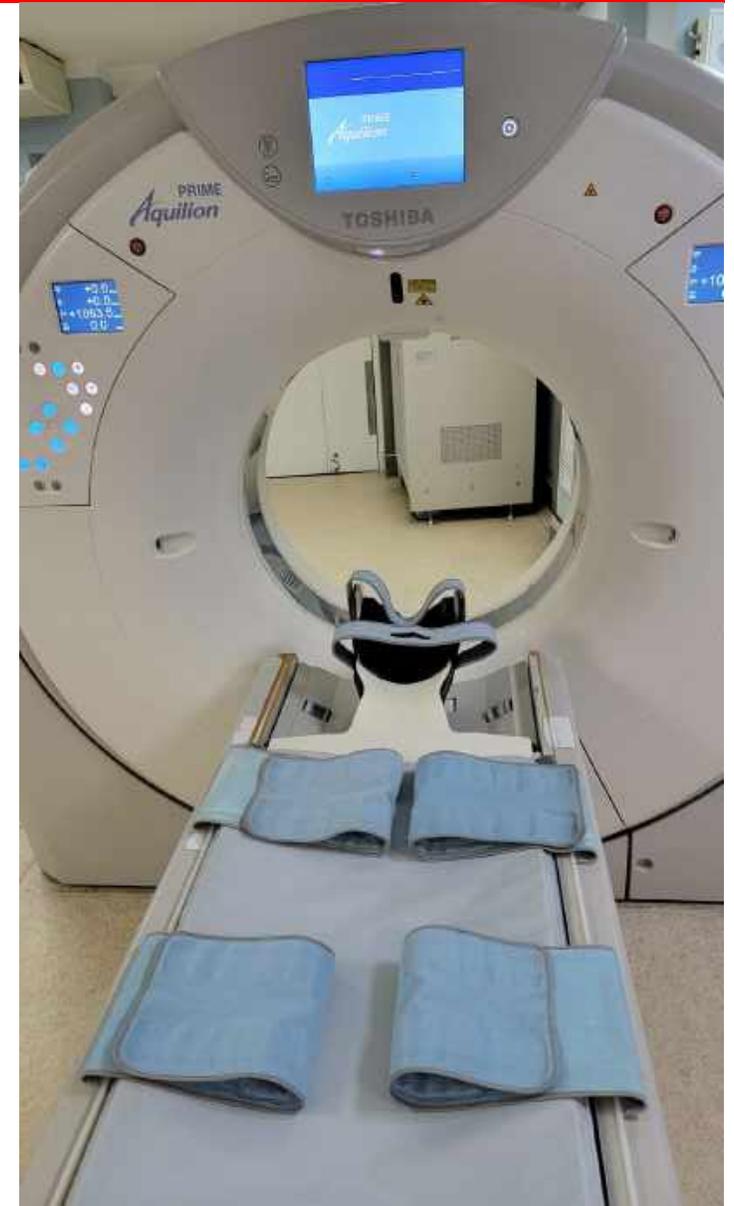
CBV отсутствует

Ключевые моменты КТ-перфузии (подготовка к исследованию)



- Подставка для головы
- Убрать все посторонние предметы в зоне сканирования

- Фиксация головы и тела пациента
- Избегать наклонов, поворотов головы и шеи



Ключевые моменты КТ-перфузии (контрастирование)



- Автоматический иньектор

- Кубитальный катетер 18-20G

- Скорость введения КВ 5-6 мл/с

- Объем КВ 50 мл

- Уровень креатинина не нужен

Размер катетера, (G), длина, (дюйм)	Наружный диаметр катетера x длина, мм	Цветовой код	Скорость потока, мл/мин
14G – 1 3/4	2,1 x 45 мм	оранжевый	270
16G – 1 3/4	1,8 x 45 мм	серый	200
17G – 1 3/4	1,5 x 45 мм	белый	140
18G – 1 3/4	1,3 x 45 мм	зеленый	85
20G – 1 1/4	1,1 x 32 мм	розовый	55
22G – 1"	0,9 x 25 мм	синий	33
24G – 3/4	0,7 x 19 мм	желтый	18
26G – 3/4	0,6 x 19 мм	фиолетовый	10

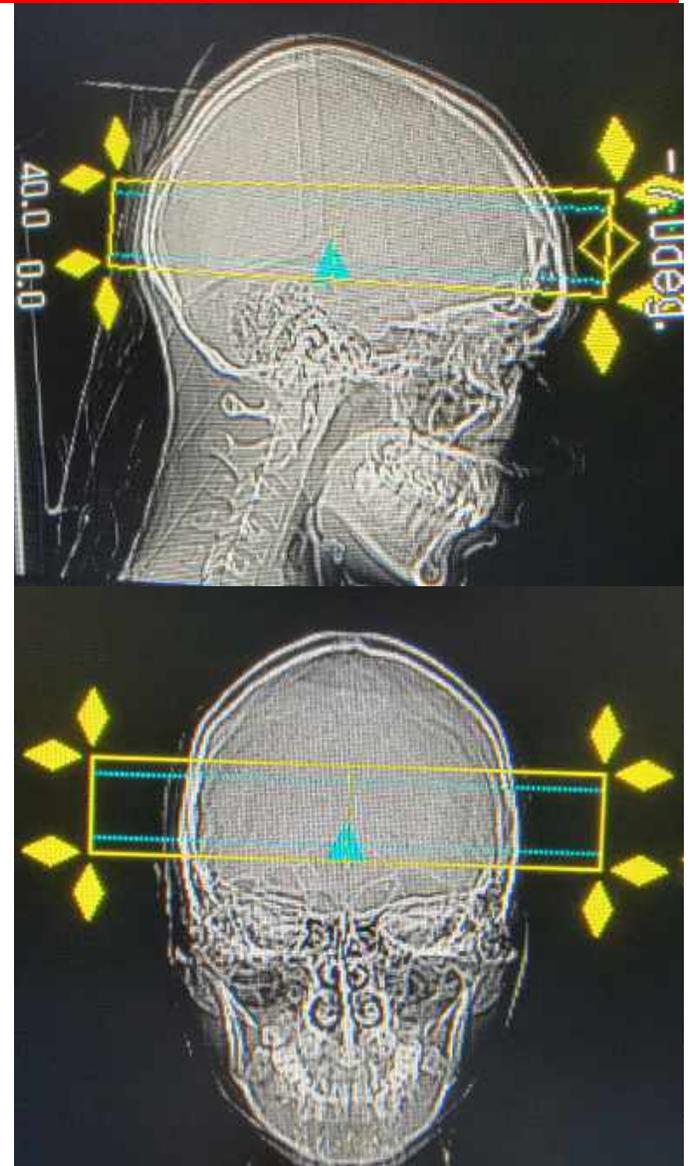
ЙОГЕКСОЛ

**Изоосмолярный
ЙОДИКСАНОЛ**



Ключевые моменты КТ-перфузии (параметры сканирования)

- Сканирование параллельно основанию черепа
- Начало сканирования на 1-2 см выше турецкого седла
- При необходимости изменять угол наклона гентри



Ключевые моменты КТ-перфузии (postprocessing)

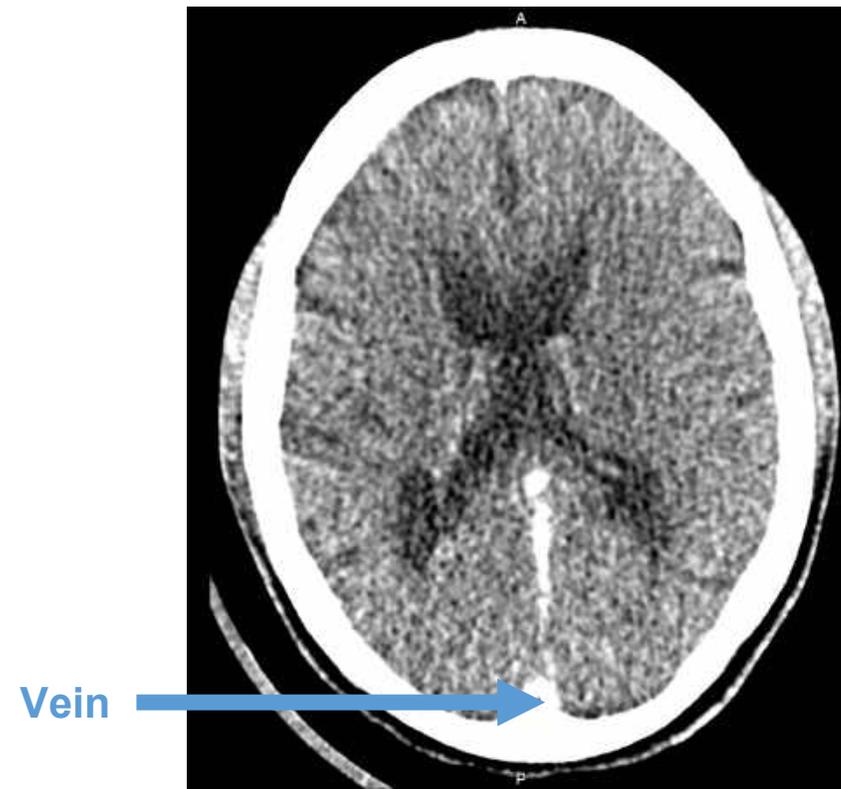
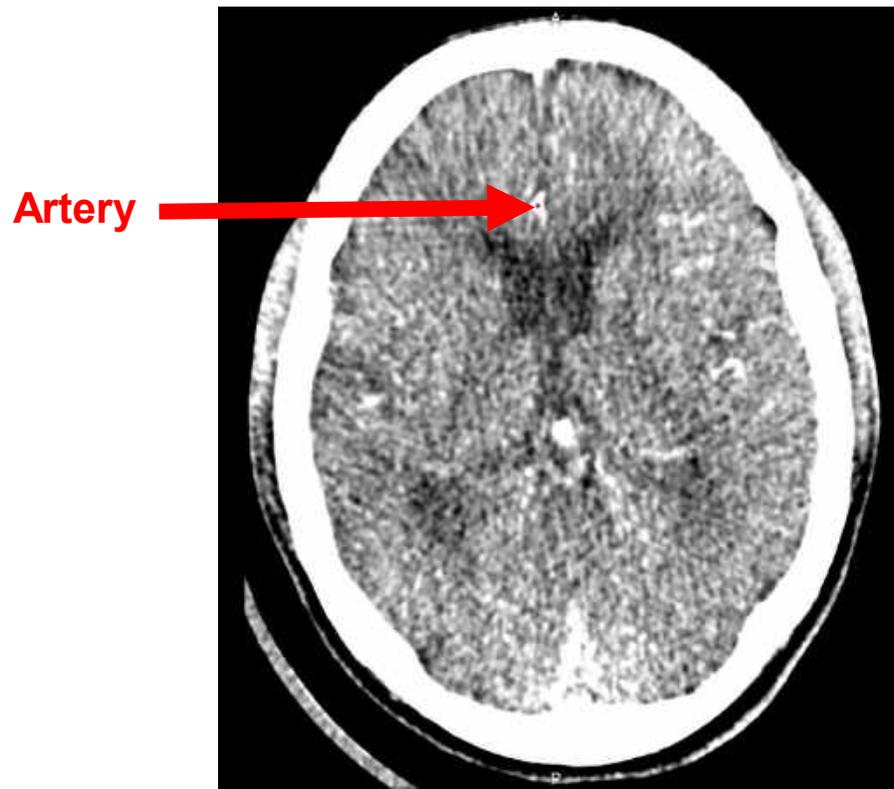
Выполняется на рабочей станции в полуавтоматическом или автоматическом режиме

1. Корректировка двигательных артефактов и центральной линии, разделяющей оба полушария
2. Выбор ROI для артерии и вены
 - ROI для артерии – ПМА или СМА
 - ROI для вены – верхний венозный сагиттальный синус
3. Выбор полушария с инфарктом
4. Оценка перфузионных карт

Ключевые моменты КТ-перфузии (postprocessing)

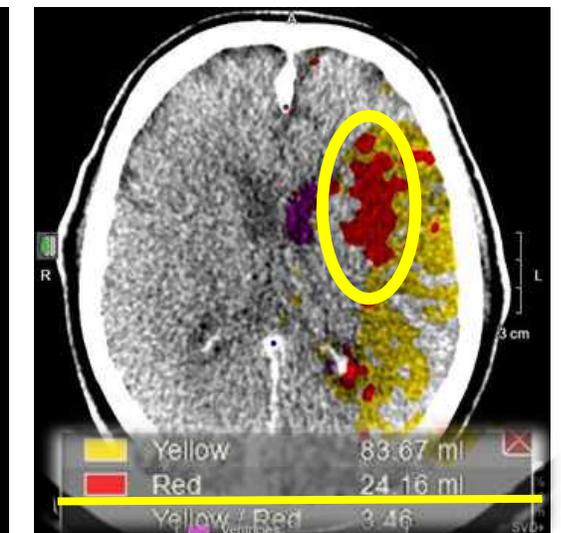
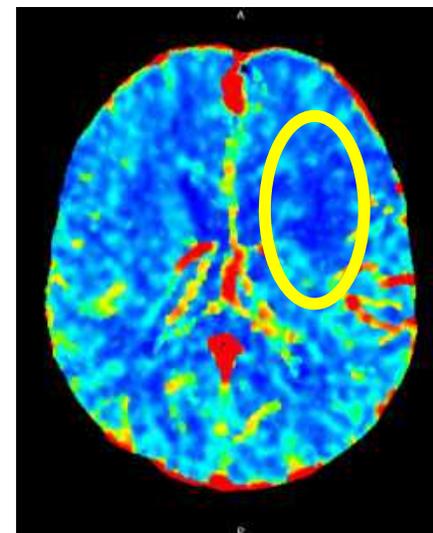
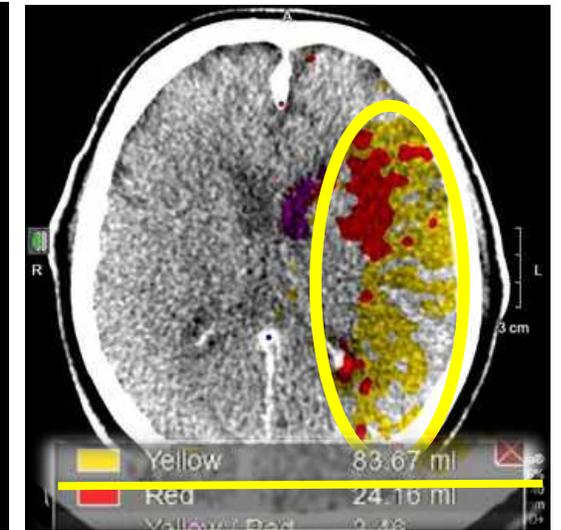
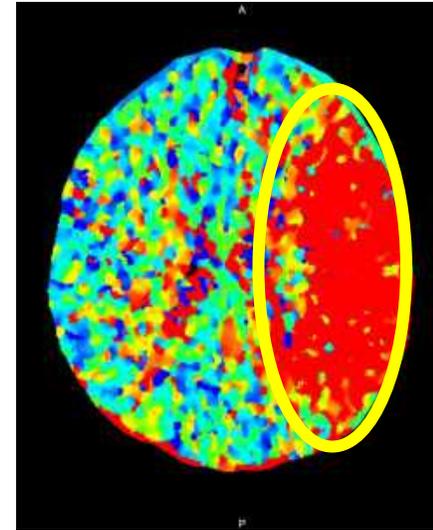
Выбор ROI для артерии и вены

- ROI для артерии – ПМА или СМА
- ROI для вены – верхний венозный сагиттальный синус



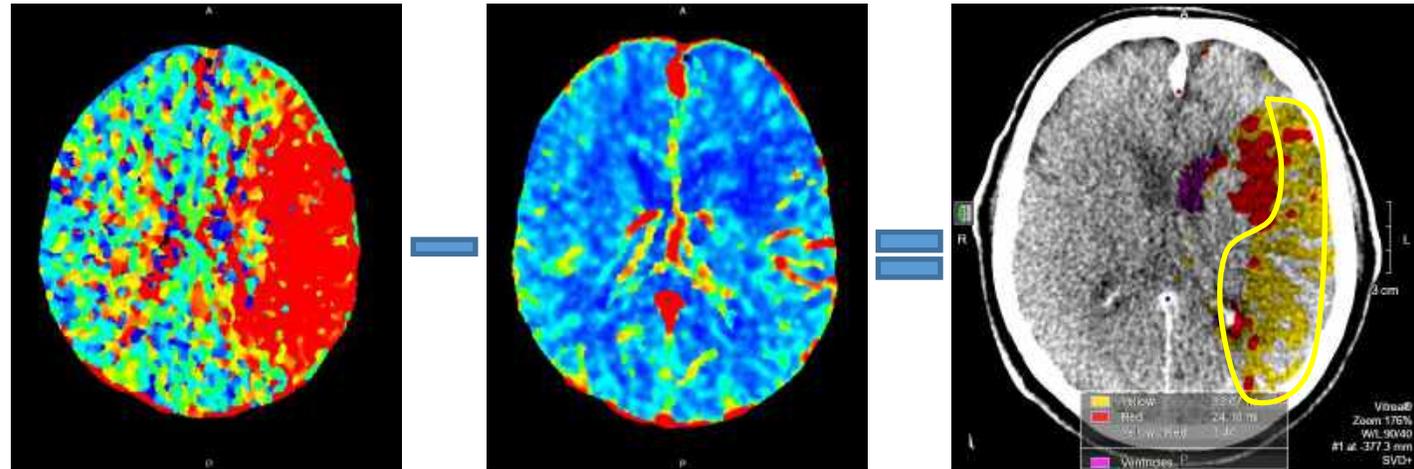
Критерии включения к проведению сТЛТ, основанные на несоответствии перфузии (Mismatch)

- **Объем пенумбры** – область повышения $T_{max} > 6$ с
- **Ядро инфаркта** – область снижения $CBF < 30\%$ (в сравнении с контрлатеральной зоной)

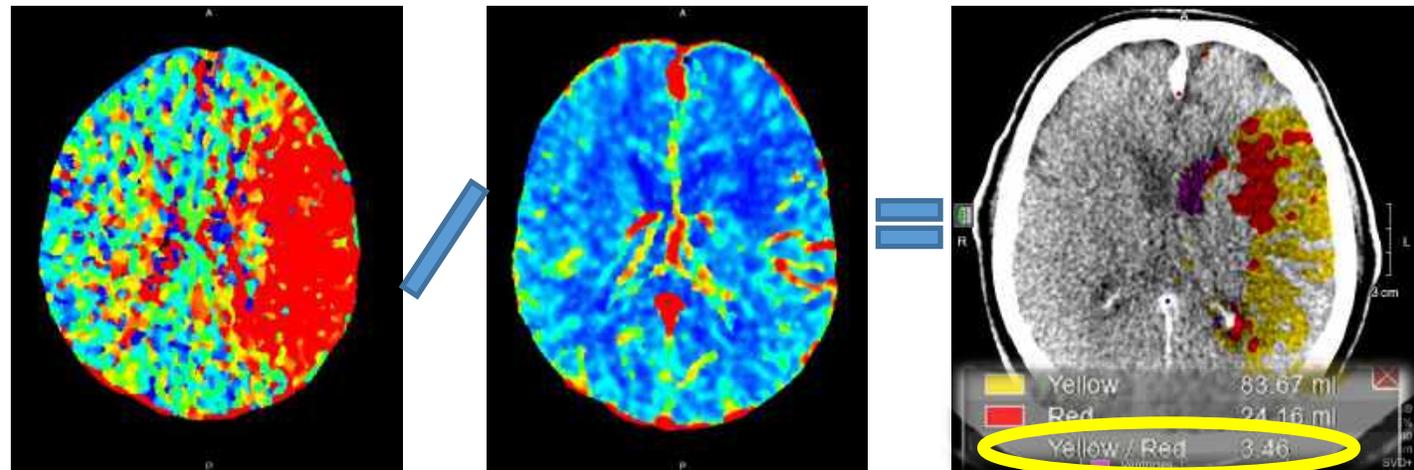


Критерии включения к проведению сТЛТ, основанные на несоответствии перфузии (Mismatch)

- Абсолютный объем несоответствия (Tmax-CBF) = объем пенумбры - объем ишемического ядра (мл)



- Коэффициент несоответствия (Mismatch) T_{max}/CBF = объем пенумбры / объем ишемического ядра



Критерии включения к проведению сТЛТ, основанные на перфузионном несоответствии (Mismatch)

➤ Коэффициент несоответствия

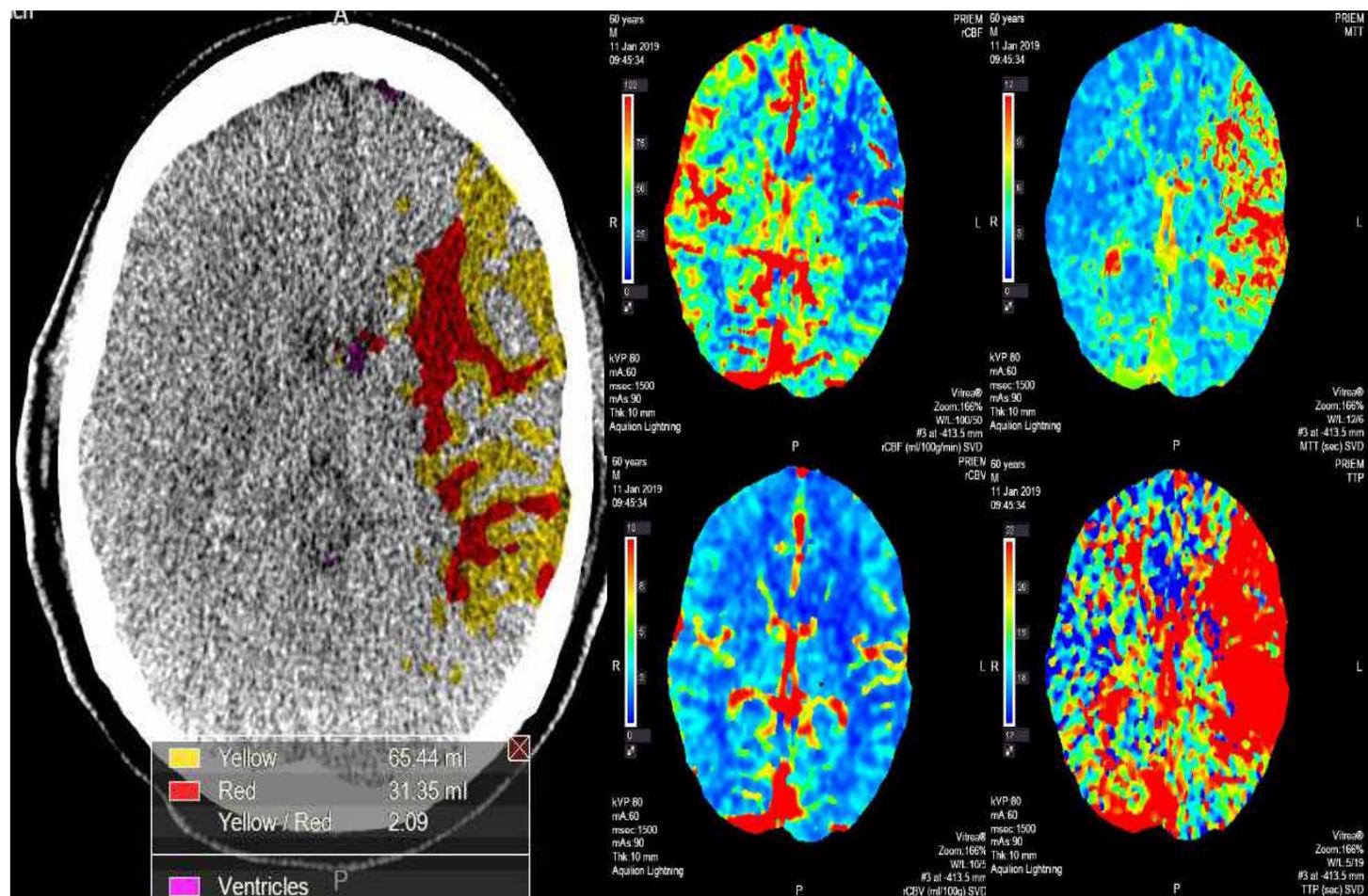
более 1,2

➤ Объем несоответствия

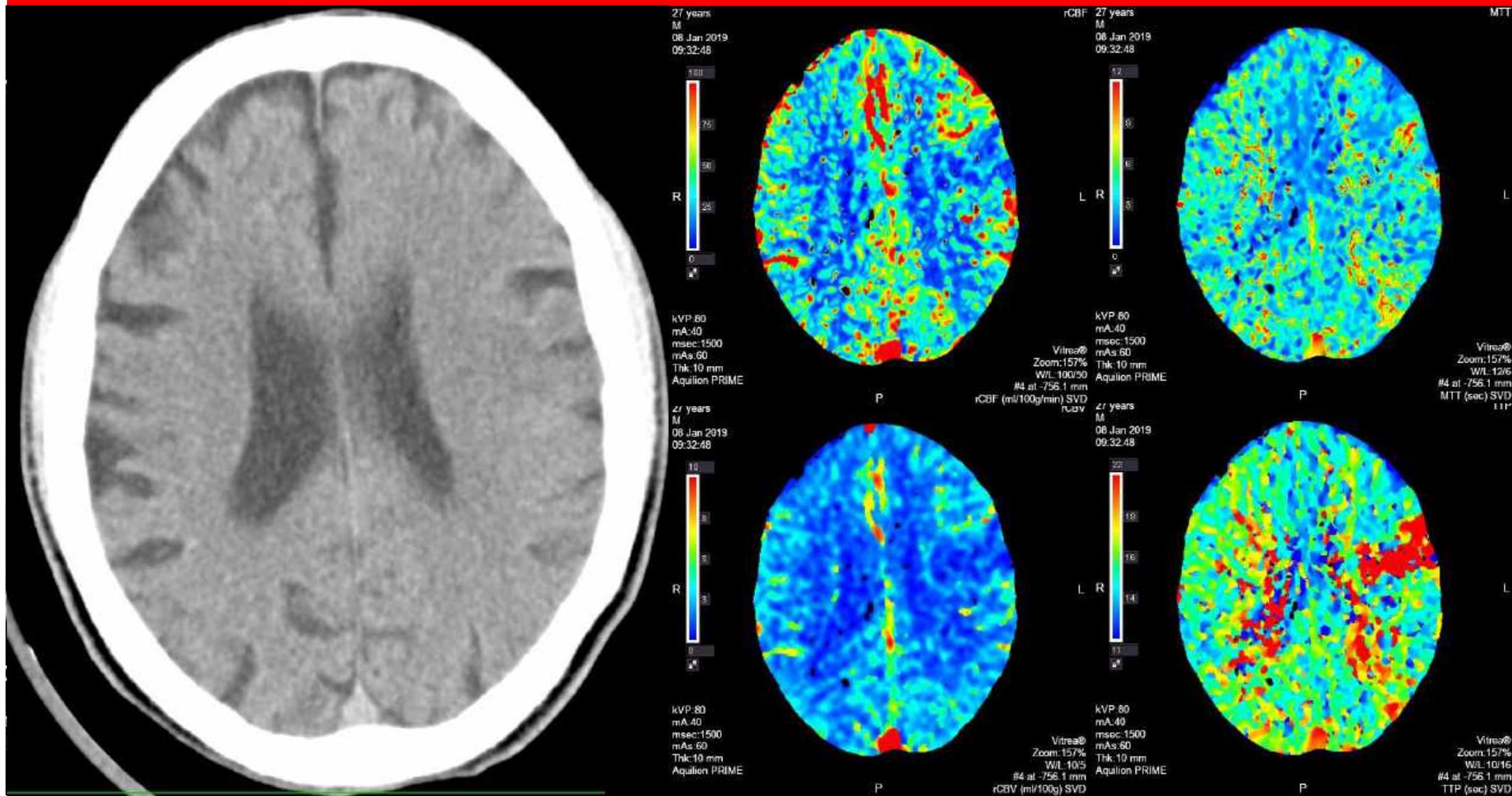
более 10 мл

➤ Объем ишемического ядра

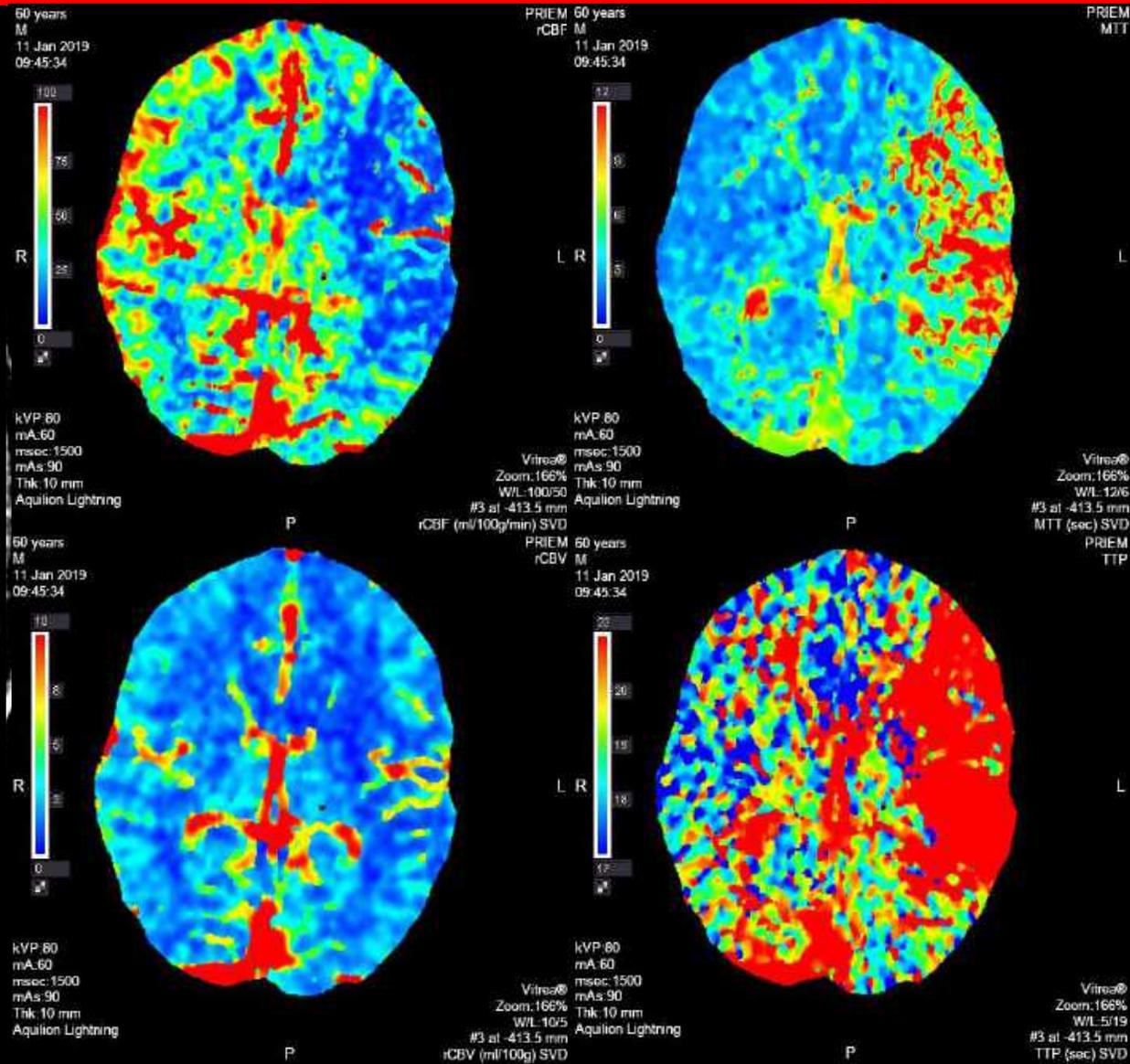
менее 70 мл



КТ-перфузия



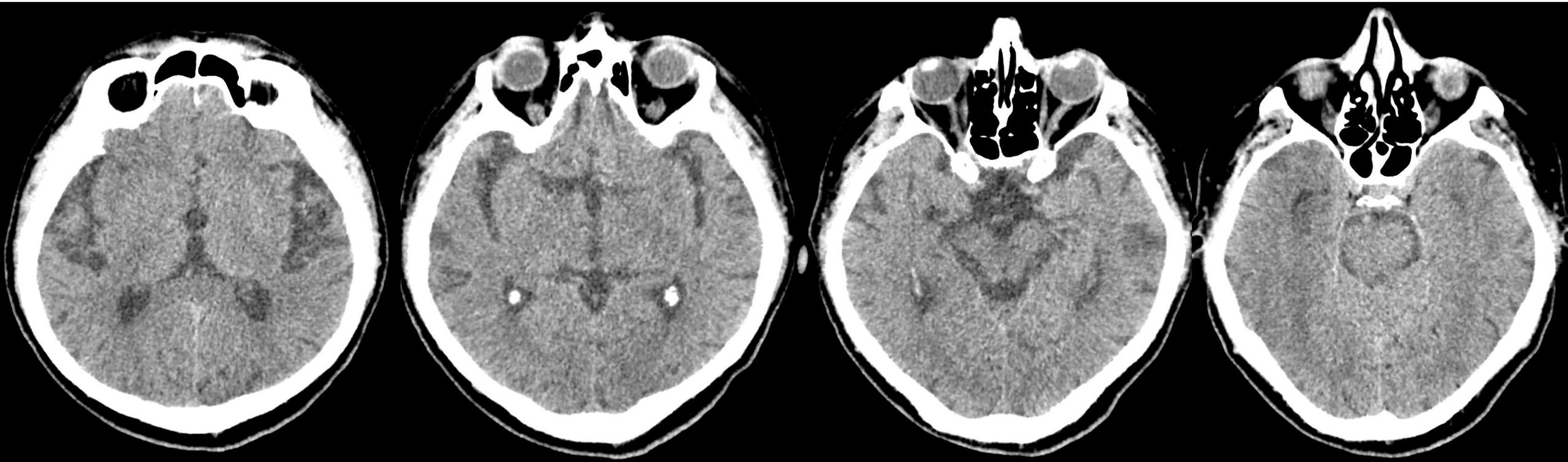
КТ-перфузия



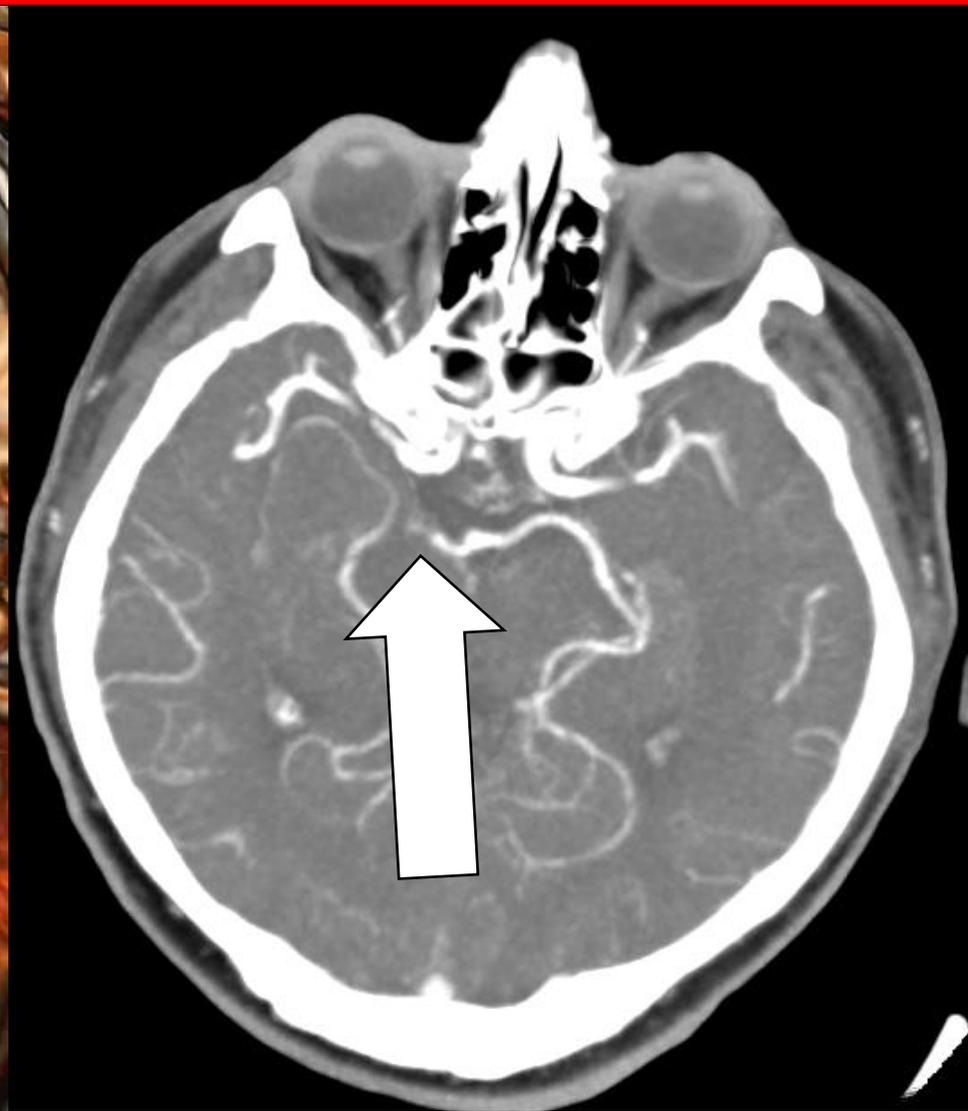
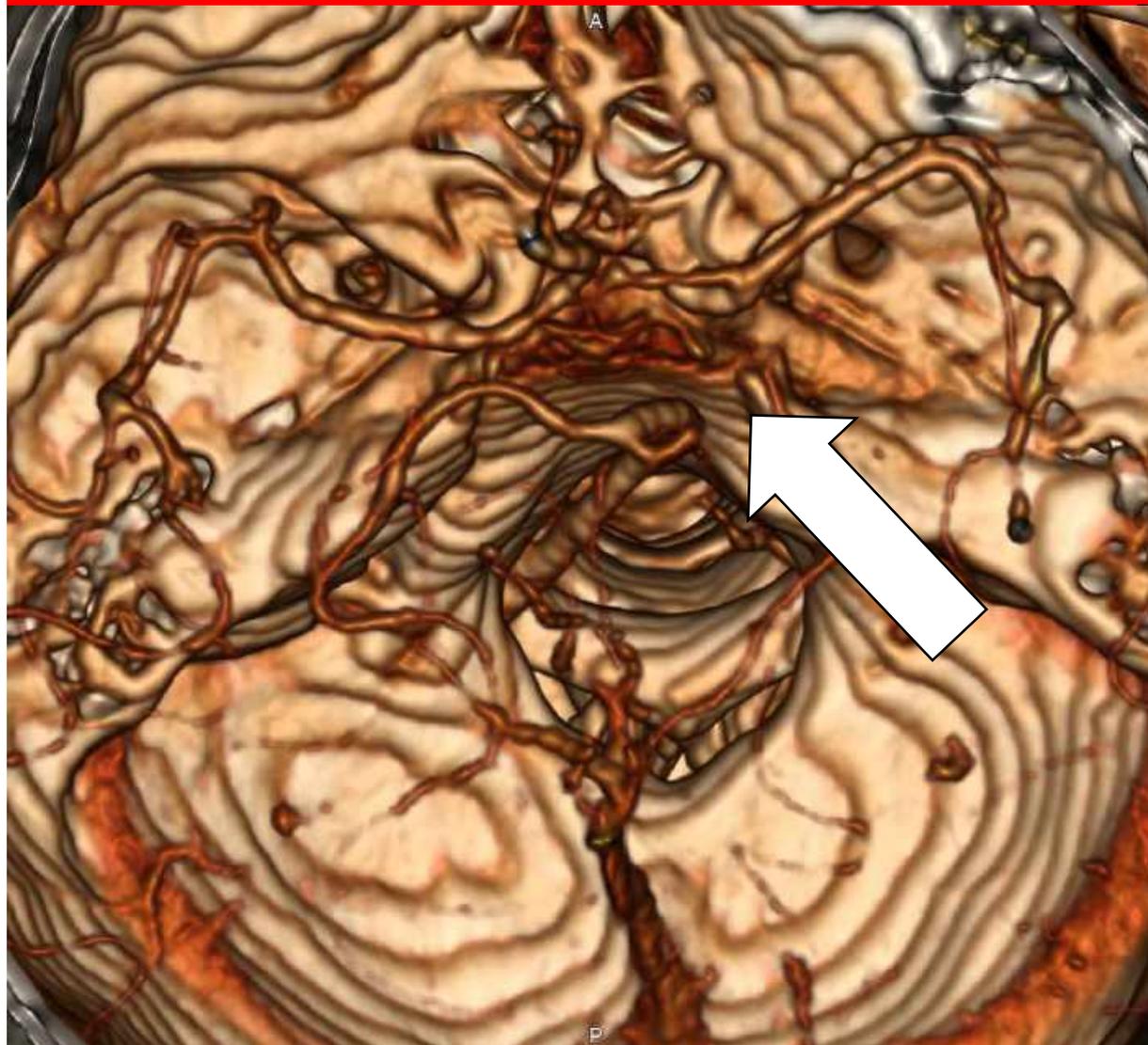
КТ-перфузия



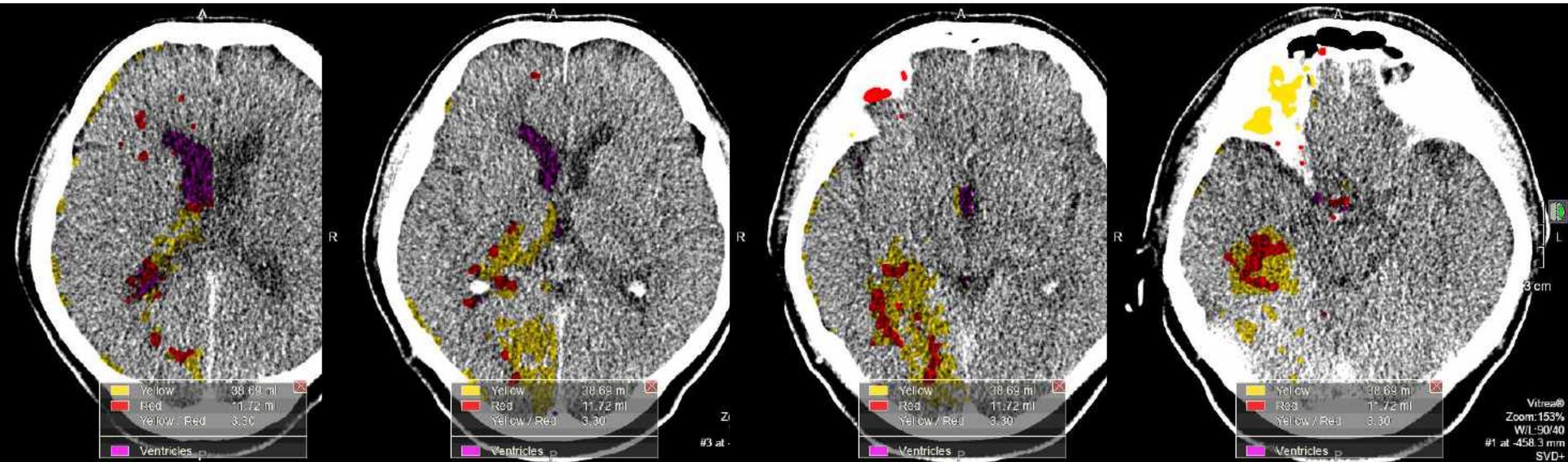
КТ-перфузия



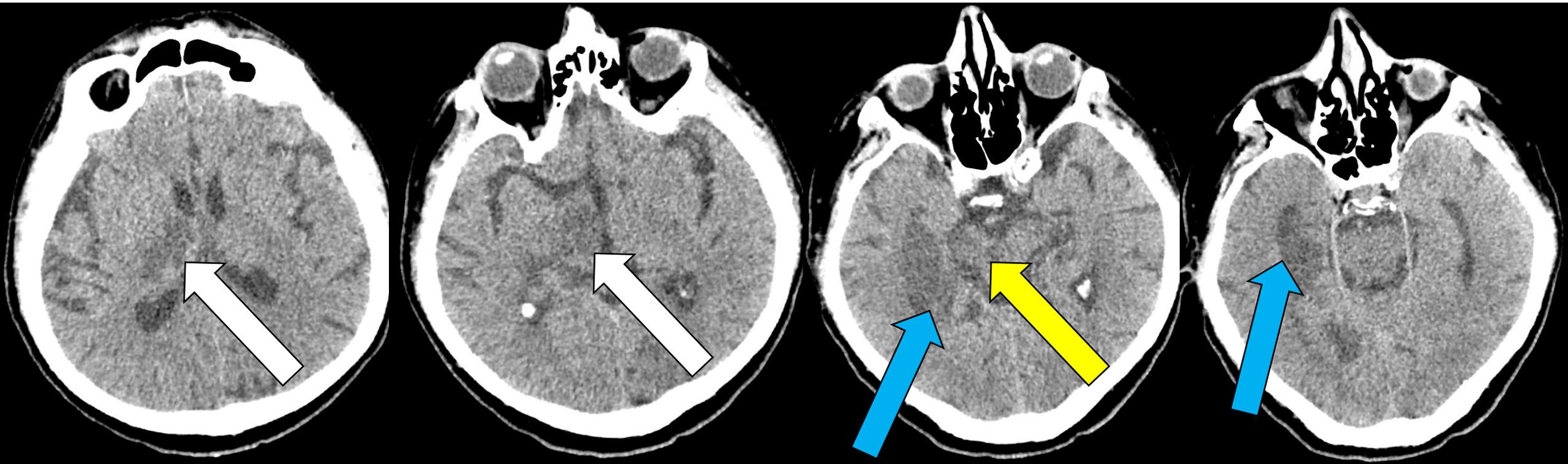
КТ-перфузия



КТ-перфузия

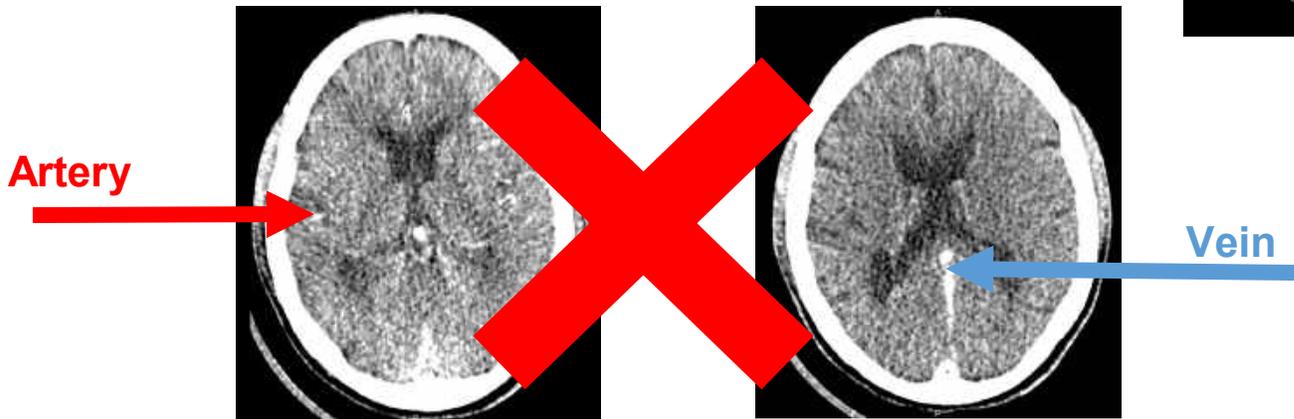


КТ-перфузия



Pitfalls

- Неправильный выбор кубитального катетера
- Двигательные артефакты
- Неправильное определение артерии и вены до построения карт перфузии



Переоценка ядра инфаркта

- При использовании перфузии в рамках 4,5-часового терапевтического окна можно переоценить реальный объем ядра инфаркта

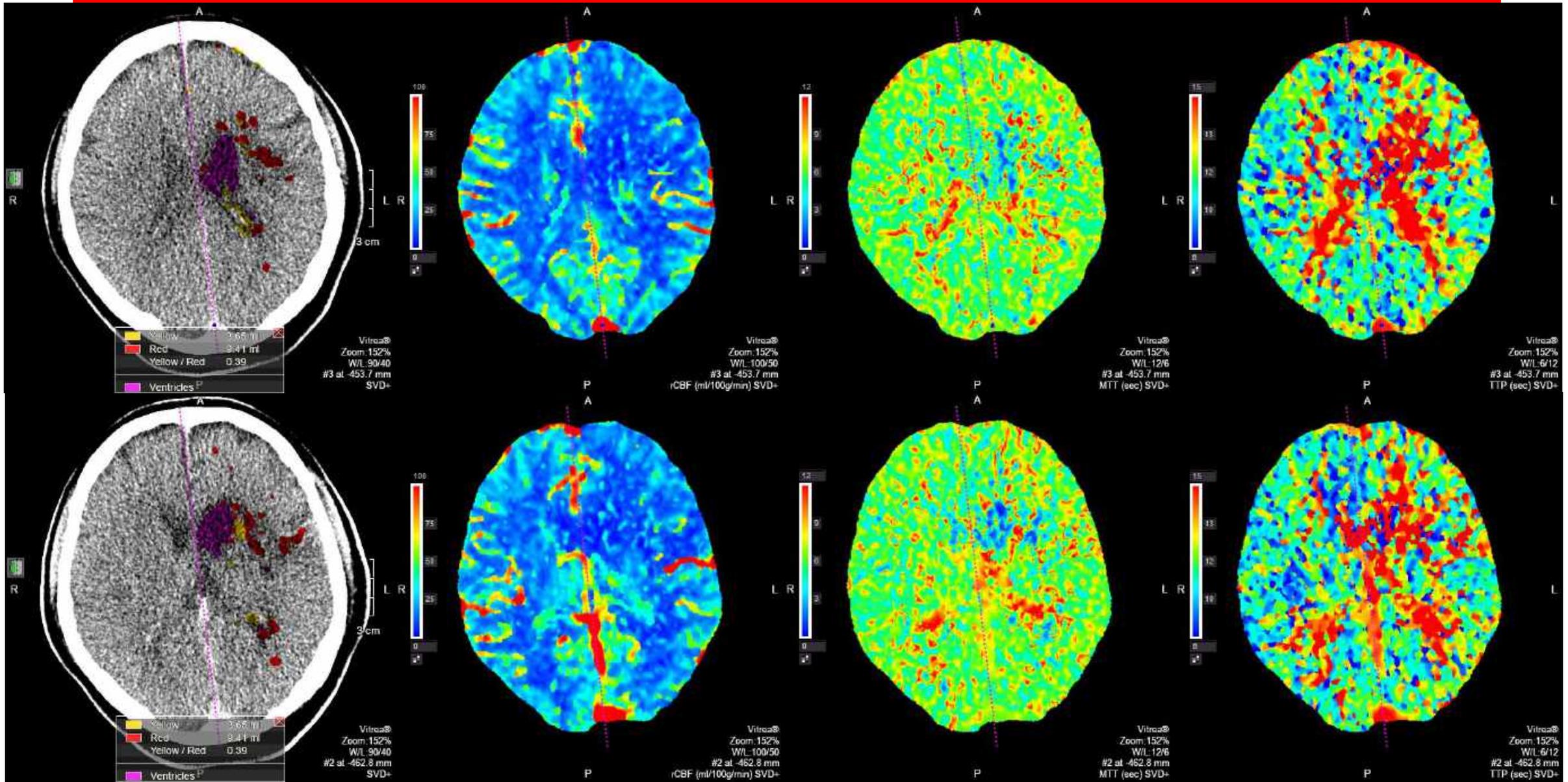
Недооценка ядра инфаркта

- Из-за прогрессирования отека ткани мозга в течение 3-х дней после начала инсульта, который затем медленно разрешается. Соответственно, через 1-1,5 дня зона инфаркта будет выглядеть больше, чем на картах перфузии. Но затем объем инфаркта постепенно уменьшается.
- Увеличение ядра инфаркта в период между выполнением нейровизуализации и реперфузионной терапией
 - Степень развития коллатералей
 - Степень реперфузионного успеха
 - Влияние реперфузионного повреждения

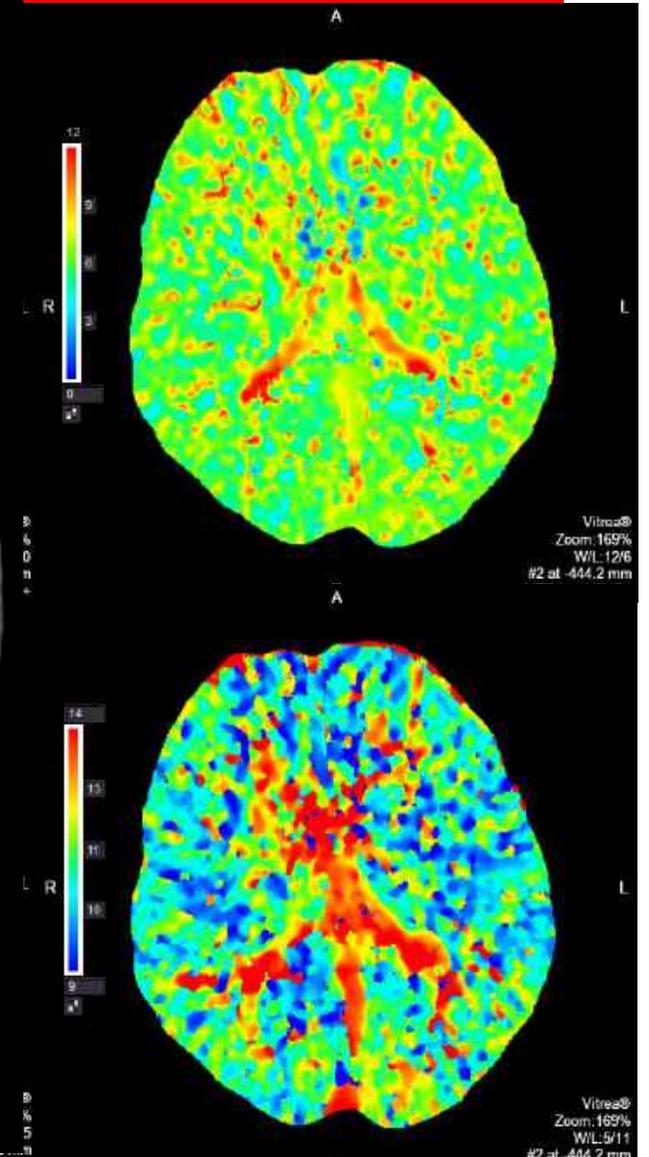
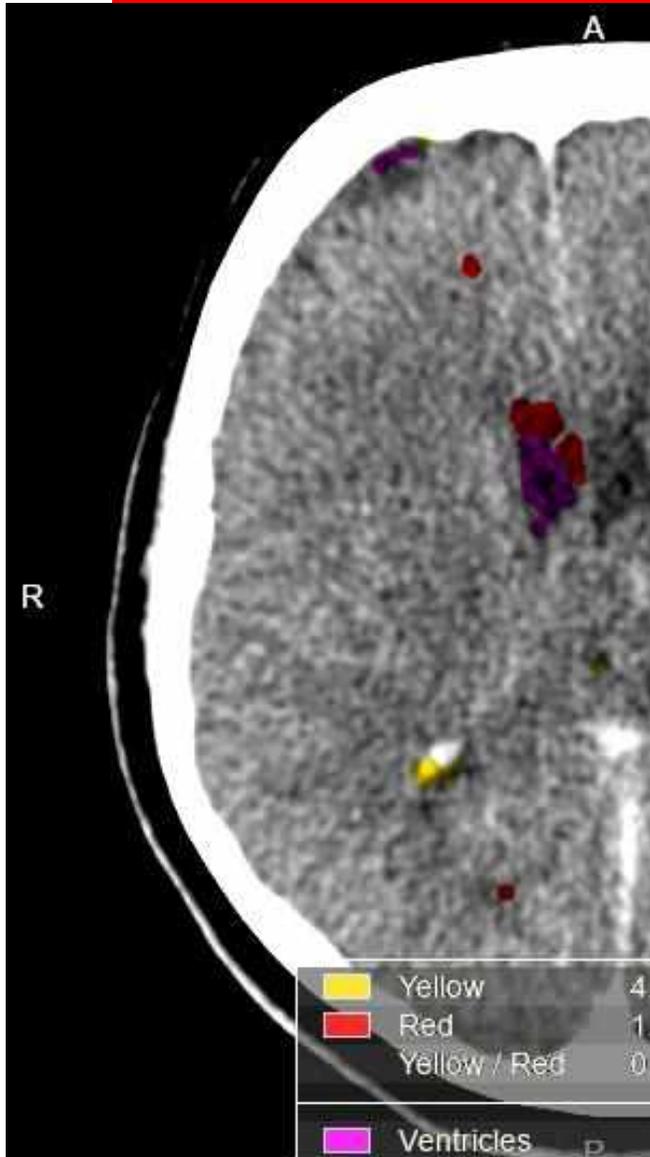
Переоценка зоны пенумбры

- Возникает при наличии выраженных стенозов экстракраниальных сегментов ОСА-ВСА на стороне инфаркта

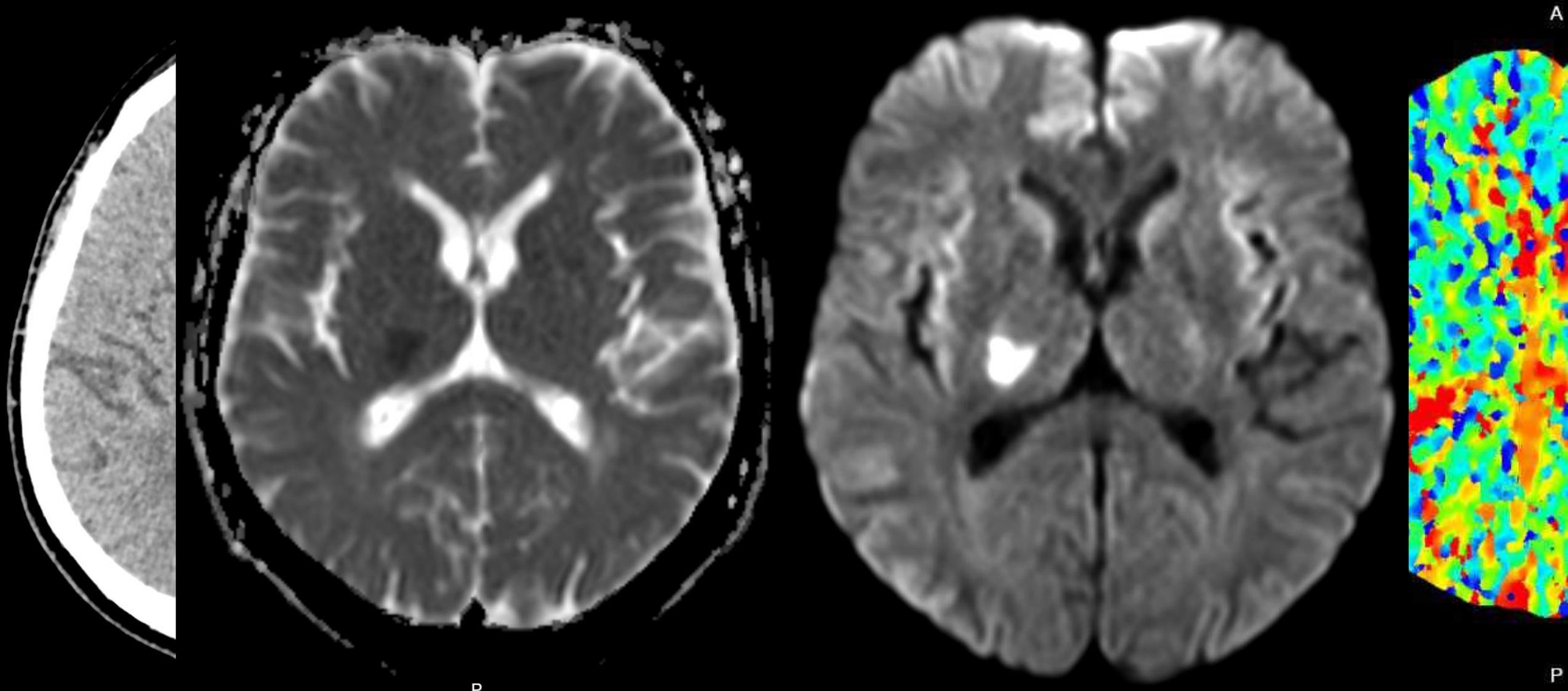
Хронический инфаркт



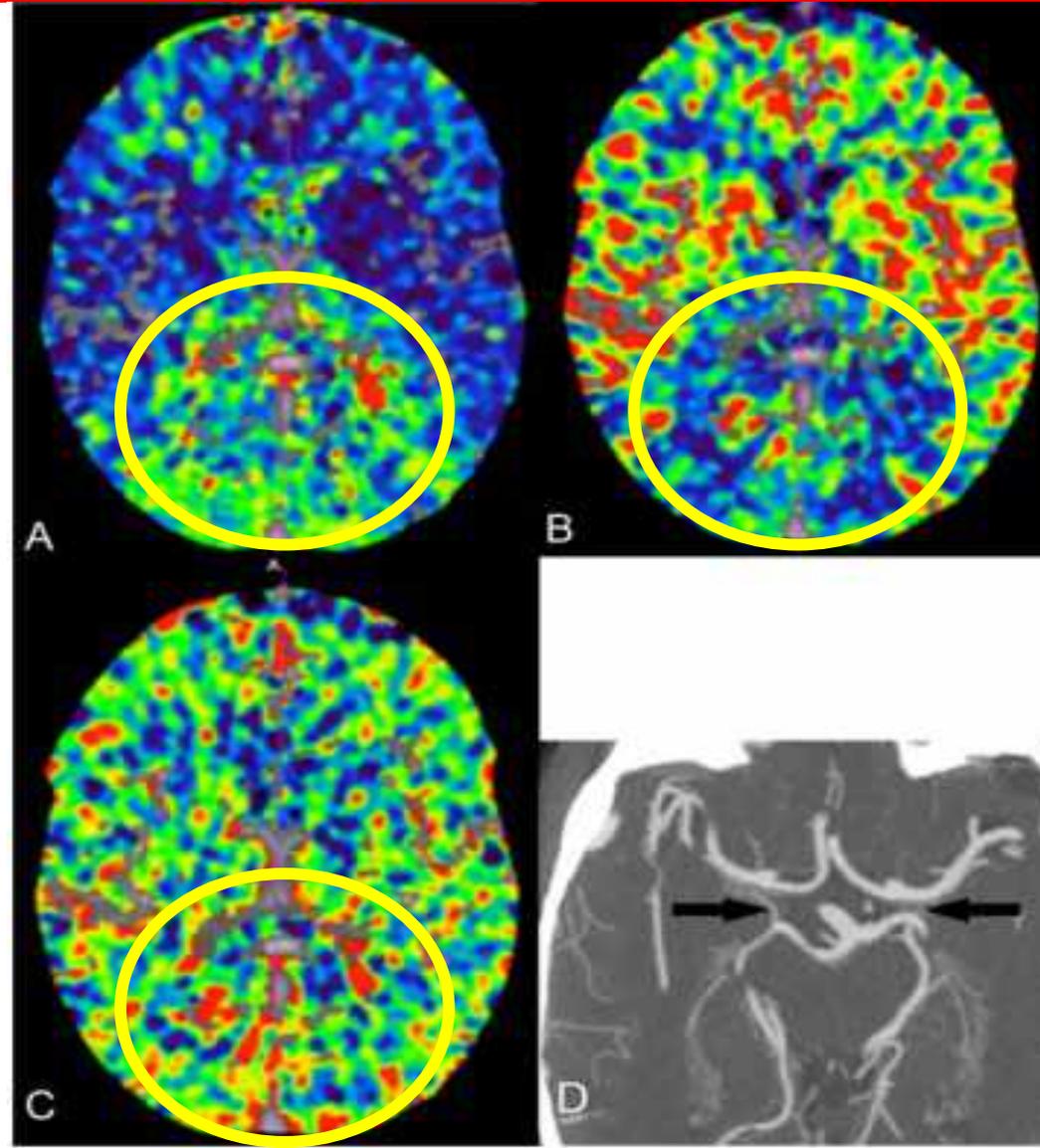
Лакунарный инфаркт



Лакунарный инфаркт

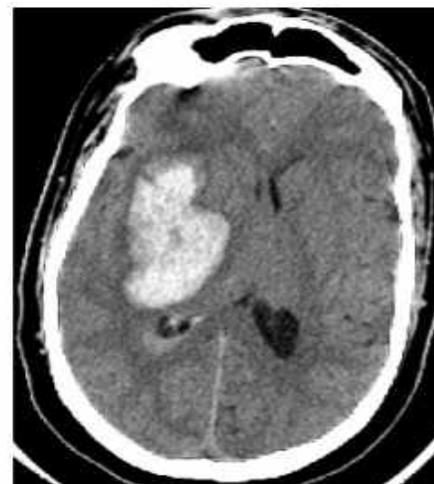
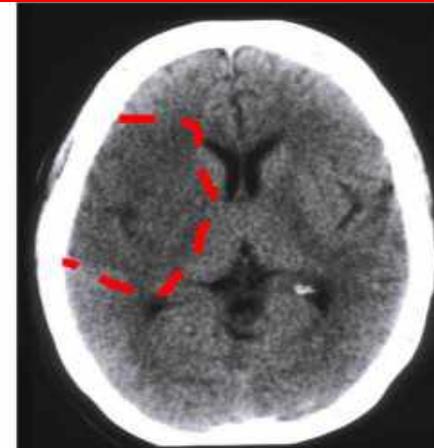


Вариант анатомического развития Виллизиева круга



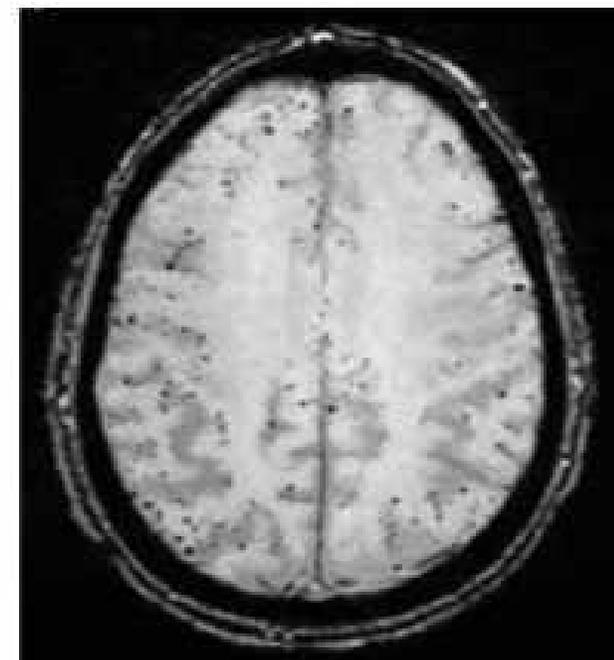
2021 Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke

- Ответственный врач-невролог совместно с врачом ангиографического кабинета (врачом КТ-кабинета), врачом отделения реанимации и интенсивной терапии (**Stroke team**) должны определить отсутствие КТ-противопоказаний и наличие показаний для выполнения ТЛТ
- Целевое время от момента поступления в приемное отделение до получения результатов КТ **не должно превышать 20 минут**
- После введения болюса rt-PA убедиться в отсутствии побочных действий и продолжить введение rt-PA, **параллельно выполнить КТ-ангиографию церебральных и брахиоцефальных артерий**



2021 Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke (MRI)

- Пациентам с острым ИМ со временем начала симптомов <4,5 ч., у которых отягощенность внутрочерепными микрокровоизлияниями не известна или же низкая (<10 микрокровоизлияний), **рекомендуется** проведение сТЛТ.
- Пациентам с острым ИМ со временем начала симптомов <4,5 ч., у которых в анамнезе высокая отягощенность внутрочерепными микрокровоизлияниями (>10 микрокровоизлияний), проведение сТЛТ **не рекомендуется**.
 - Уровень доказательности: низкий ++
 - Сила рекомендаций: слабый уровень ↑?
- **Рутинное использование МРТ для исключения церебральных микрокровоизлияний** перед в/венным введением rt-ПА **не рекомендуется**
 - Церебральные микрокровоизлияния ассоциируются с повышенным риском сГТ
 - Но вероятность сГТ у пациентов с церебральными микрокровоизлияниями ~6%, что соответствует общему риску возникновения сГТ по данным исследования NINDS tPA



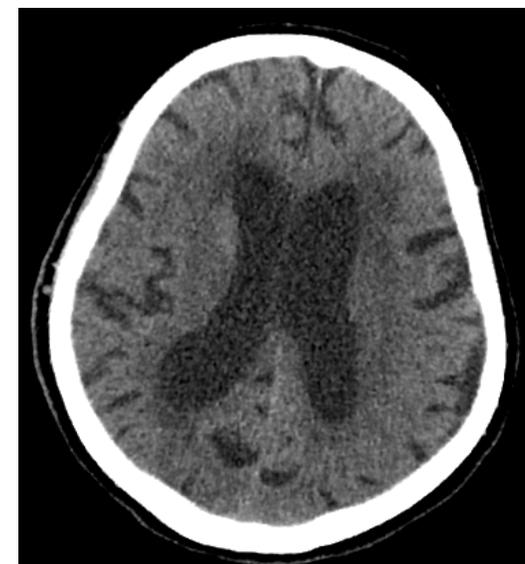
2021 Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke

➤ Пациентам с острым ишемическим инсультом со временем начала симптомов <4,5 ч., у которых низкая или умеренная отягощенность лейкоареозом, **рекомендуется** проведение внутривенного тромболитика с rt-PA.

- Уровень доказательности: средний +++
- Сила рекомендаций: сильный уровень ↑↑

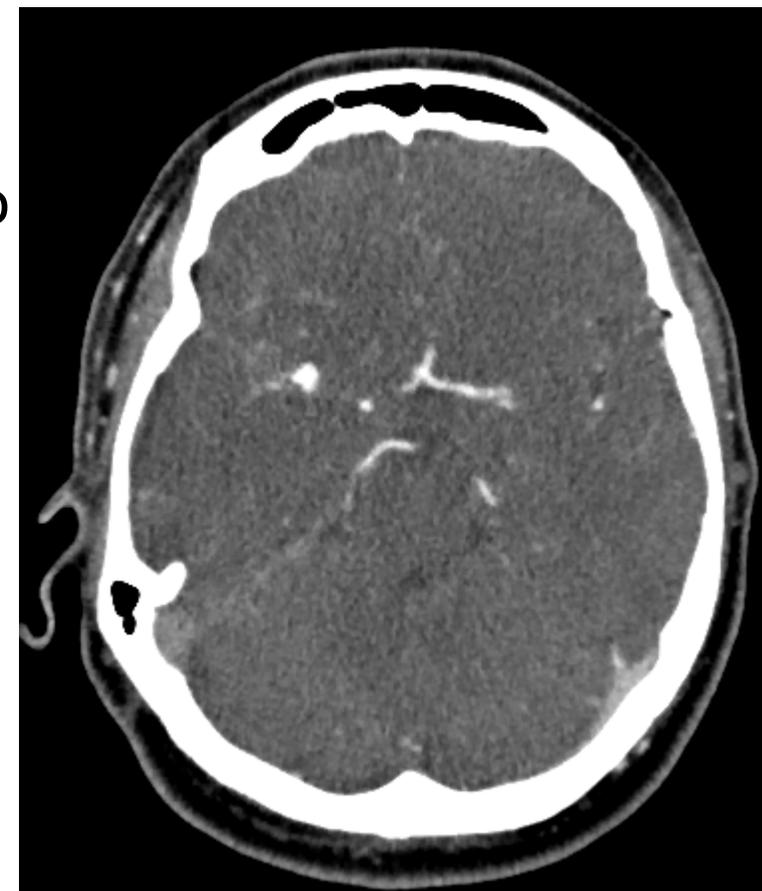
➤ Пациентам с острым ишемическим инсультом со временем начала симптомов <4,5 ч., у которых высокая отягощенность лейкоареозом (Blennow rating scale score 5-6), **может рассматриваться** проведение внутривенного тромболитика с rt-PA.

- Уровень доказательности: низкий ++
- Сила рекомендаций: слабый уровень ↑?



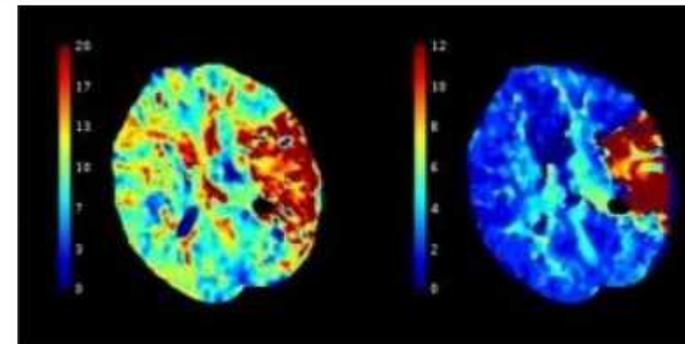
2021 Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke

- Пациентам с острым ишемическим инсультом со временем начала симптомов <4,5 ч., которые имеют внутричерепную **неразорвавшуюся артериальную аневризму** (размером до 10 мм), **может рассматриваться** проведение внутривенного тромболитика с rt-PA.
 - Уровень доказательности: очень низкий +
 - Сила рекомендаций: слабый уровень ↑?



Расширенная визуализация (КТА, КТП)

- Сосудистая и перфузионная визуализации **не должны** задерживать проведение сТЛТ
- Для пациентов, которые соответствуют критериям для эндоваскулярного вмешательства, **неинвазивная ангиография церебральных и брахиоцефальных артерий** рекомендуется **во время первичной визуализации**, но не должна приводить к задержке в/в введения rt-PA при наличии показаний
- КТ-ангиография выполняется по показаниям у пациентов с подозрением на окклюзию крупной внутричерепной артерии **до получения результатов концентрации креатинина в сыворотке крови** при условии отсутствия в анамнезе почечной недостаточности



Организационные аспекты проведения ЭТ

- Вмешательство должно выполняться в лечебном учреждении, специализирующемся на оказании помощи при ОНМК и обладающим соответствующим уровнем оснащения и квалификации специалистов
- Решение о выполнении ЭТ должно приниматься совместно командой специалистов (**stroke team**), в обязательном порядке включающей (но не ограничивающейся ими) невролога и РЭХ
- ЭТ должна быть выполнена как можно раньше после установления показаний к ее проведению
- Возможность проведения ЭТ **не должна** препятствовать или задерживать проведение сТЛТ
- Проведение сТЛТ **не должно** задерживать начало ЭТ

Time is brain

1. Дверь – РКТ – 10 мин
2. РКТ – пункция артерии - не более 60 мин
3. Пункция – первая попытка реканализации - 30 мин
4. Пункция – полная реканализация - не более 60 мин
5. **ИТОГО** дверь – реканализация - не более 150 мин



Показания к ЭТ при ИМ в каротидном бассейне

Госпитализация **0-6 часов**

- Класс рекомендаций - 1
 - Уровень доказательности - A
-
- NIHSS ≥ 6
 - Возраст ≥ 18
 - Локализация окклюзии по данным КТА: ВСА, СМА М1-М2, ПМА А1-А2
 - Размер инфаркта по шкале **ASPECTS ≥ 6** (при НКТ)

Показания к ЭТ при ИМ в каротидном бассейне

Госпитализация **6-16 часов**

- Класс рекомендаций - 2
 - Уровень доказательности - A
-
- Мультимодальная нейровизуализация для оценки величины ядра инфаркта и пенумбры
 - Объем несоответствия **≥ 15 мл** или коэффициент несоответствия **$\geq 1,8$**
 - Объем ядра **< 70 мл**

Показания к ЭТ при ИМ в каротидном бассейне

Госпитализация **6-24 часа**

- Класс рекомендаций - 2
 - Уровень доказательности - A
-
- Мультимодальная нейровизуализация для оценки величины ядра инфаркта и пенумбры
 - Объем несоответствия **≥ 15 мл** или коэффициент несоответствия **$\geq 1,8$**
 - Пациенты ≥ 80 лет, NIHSS ≥ 10 , объем ядра **< 21 мл**
 - Пациенты < 80 лет, NIHSS 10-19, объем ядра **< 31 мл**
 - Пациенты < 80 лет, NIHSS ≥ 20 , объем ядра **31-50 мл**

Показания к ЭТ при ИМ в вертебро-базилярном

- Рекомендуется пациентам с ИМ при острой окклюзии основной артерии и интракраниальной части позвоночной артерии выполнять ЭТ в срок до 24 часов от начала ОНМК по ишемическому типу для улучшения функционального исхода
 - Класс рекомендаций - 2
 - Уровень доказательности - B

- Рекомендуется пациентам с ИМ при острой изолированной окклюзии задней мозговой артерии выполнять ЭТ для улучшения функционального исхода
 - Класс рекомендаций - 4
 - Уровень доказательности - B

Критерии выбора метода визуализации при инфаркте мозга, основанные на времени

Терапевтическое окно	ТЛТ (rt-PA)	Уровень доказательности	Сила рекомендаций	ЭТ	Класс рекомендаций	Уровень доказательности
0-4,5 ч.	КТН	высокий +++++	сильный уровень ↑↑	КТН + КТА БЦА	1	А
4,5-6 ч.	КТН + КТП	низкий ++	сильный уровень ↑↑			
6-9 ч.				не рекомендуется		
9-24 ч.	КТН + КТА БЦА + КТП					
wake-up stroke (не > 9 ч. от середины сна), неизвестное время начала				КТН + КТП	средний +++	сильный уровень ↑↑

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ



TIME IS BRAIN