Различные методики нейровизуализации в неврологии

Подготовили студентки 5 курса
лечебного факультета
Вакулик Наталья Андреевна
Гацкевич Людмила Александровна

Нейровизуализация

- это комплекс современных методов исследования головного мозга, позволяющих в наглядной графической форме отобразить особенности его прижизненной структуры и функционирования.

Методы

- Ионизирующие – КТ, церебральная ангиография.
- Неионизирующие – МРТ, ПЭТ.

<u>С технической точки зрения:</u>

- Проекционные методы – церебральная ангиография.
- Томографи – КТ, МРТ,

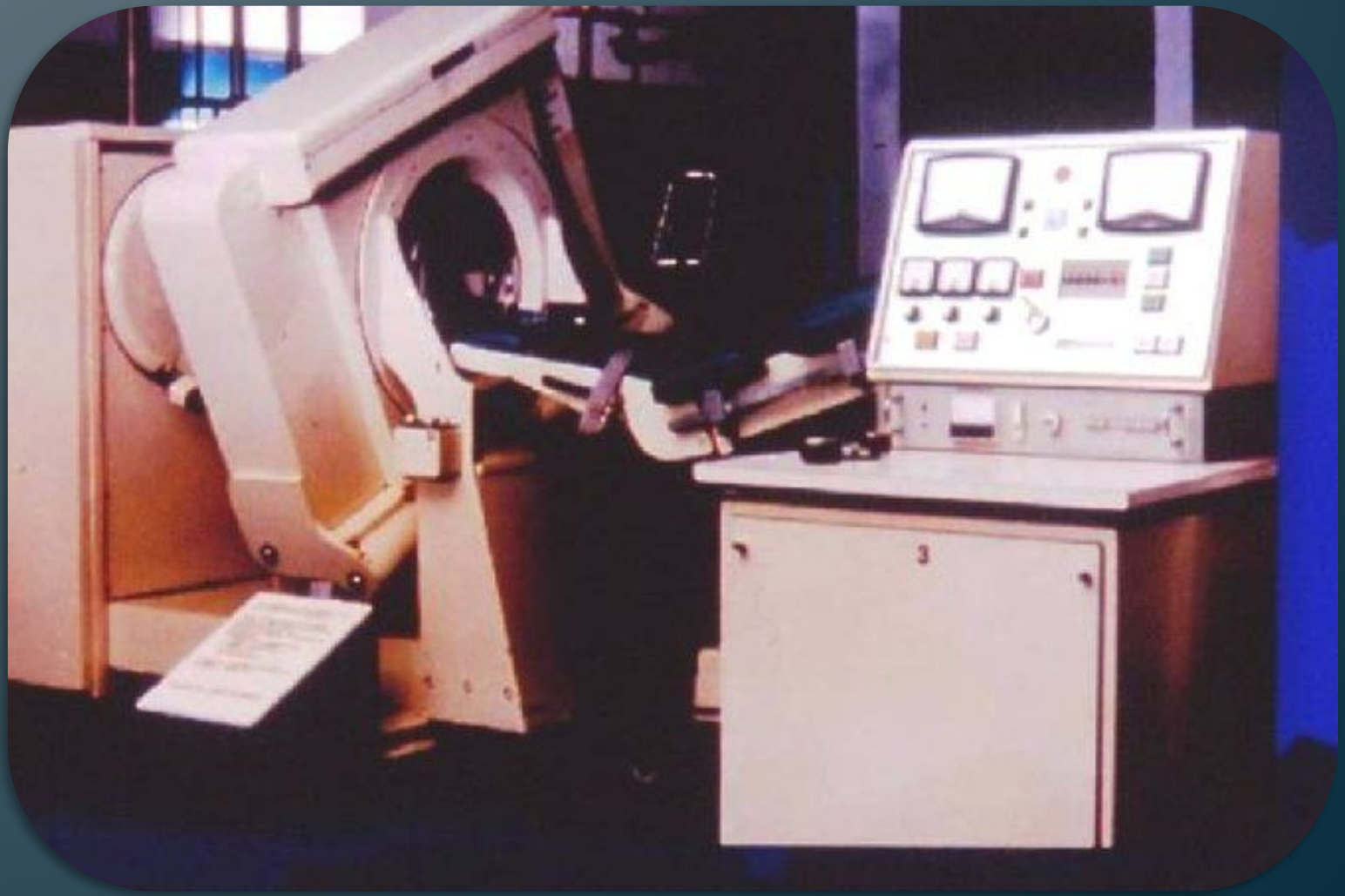
Компьютерная томография (КТ)

– метод рентгеновского исследования, основанный на получении послойных изображений в поперечной плоскости их компьютерной реконструкции.

История

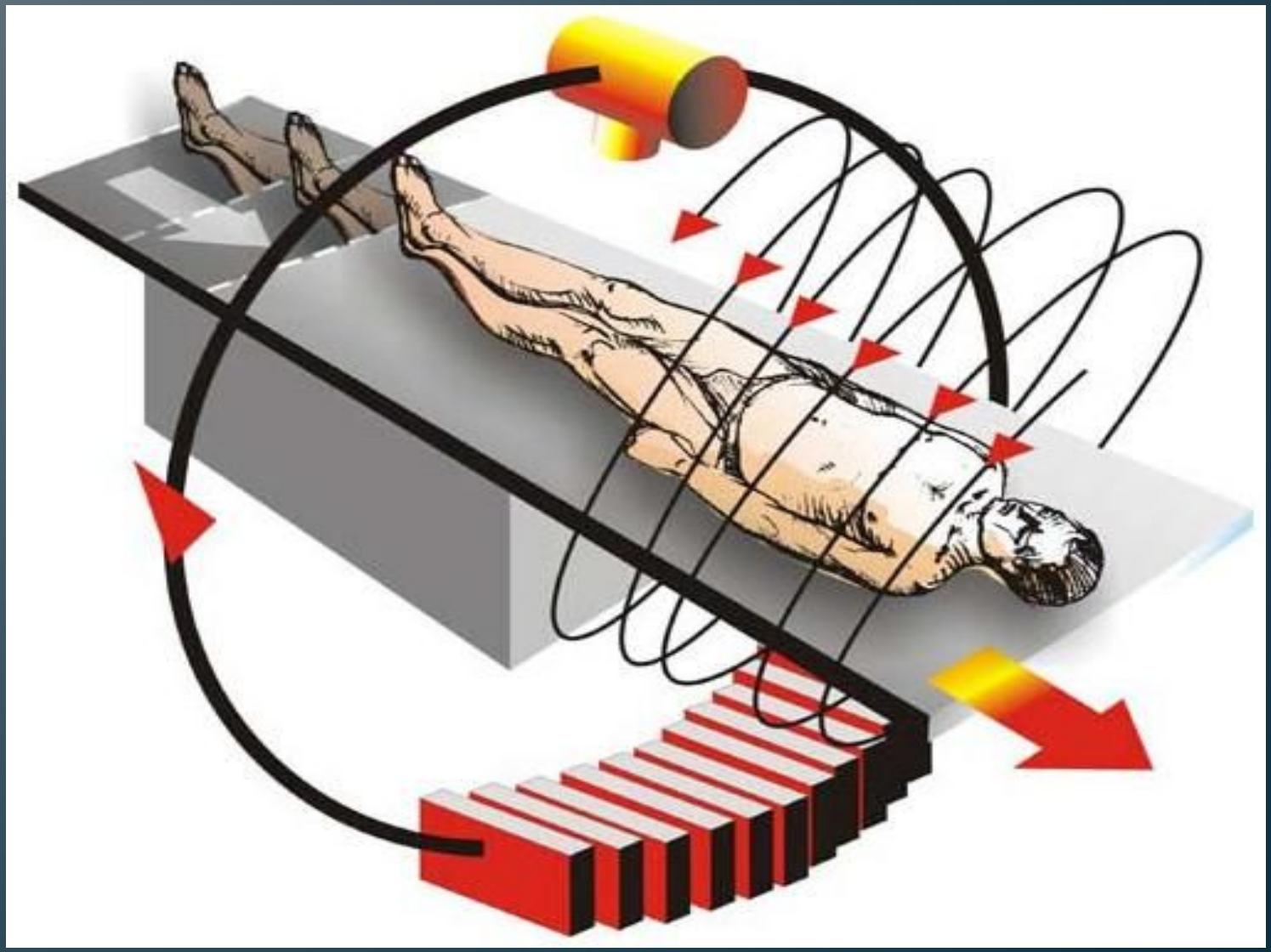
Основной вклад в создание компьютерной томографии сделал британский ученый Годфри Хаунсфилд в конце 60-х гг. XX века. В 1979 он и Алон Кормак стали лауреатами Нобелевской премии по физиологии или медицине за свое изобретение.

Первый КТ в мире (EMI 1972)



Метод КТ головного мозга основан на компьютерной реконструкции изображения, получаемого при круговом просвечивании объекта узким пучком рентгеновского излучения. При КТ используется специальное рентгеновское оборудование для получения изображений продольных и поперечных «срезов» головного мозга — томограмм (толщиной 3–10 мм).

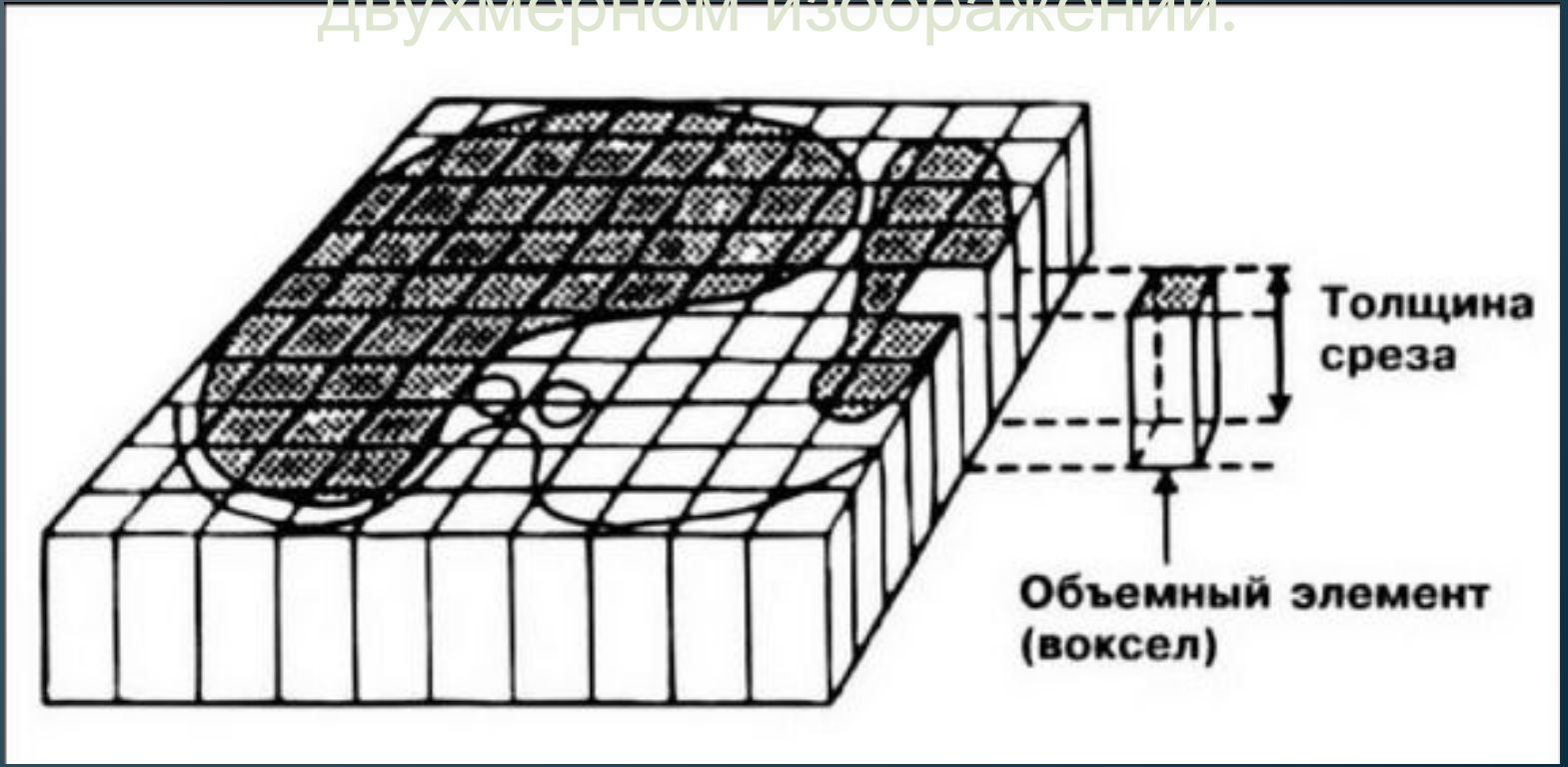
Схема устройства КТ



Визуализируемый срез ткани

- разделен на элементы объема – **вокселы.**

Поглащение в каждом вокселе определяет яркость (оттенок серой шкалы) соответствующего пиксела на окончательном двухмерном изображении.

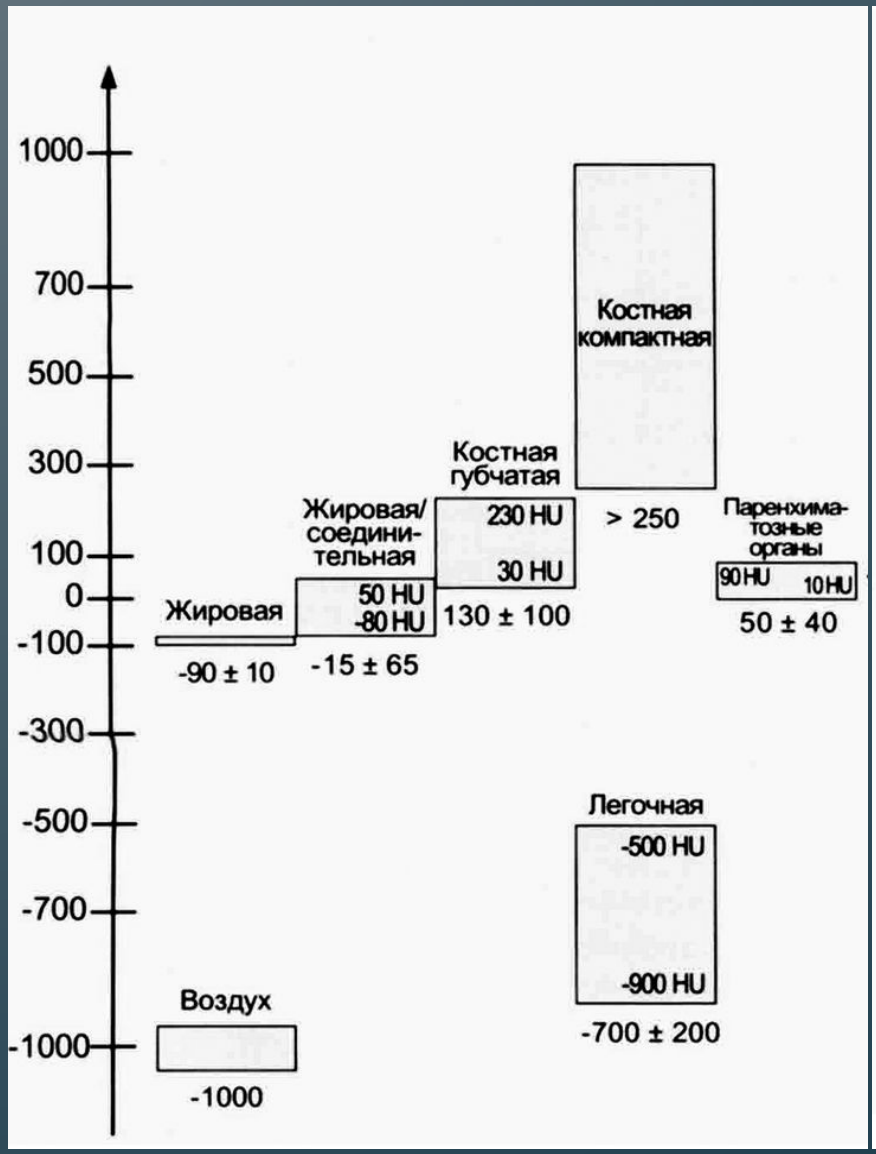


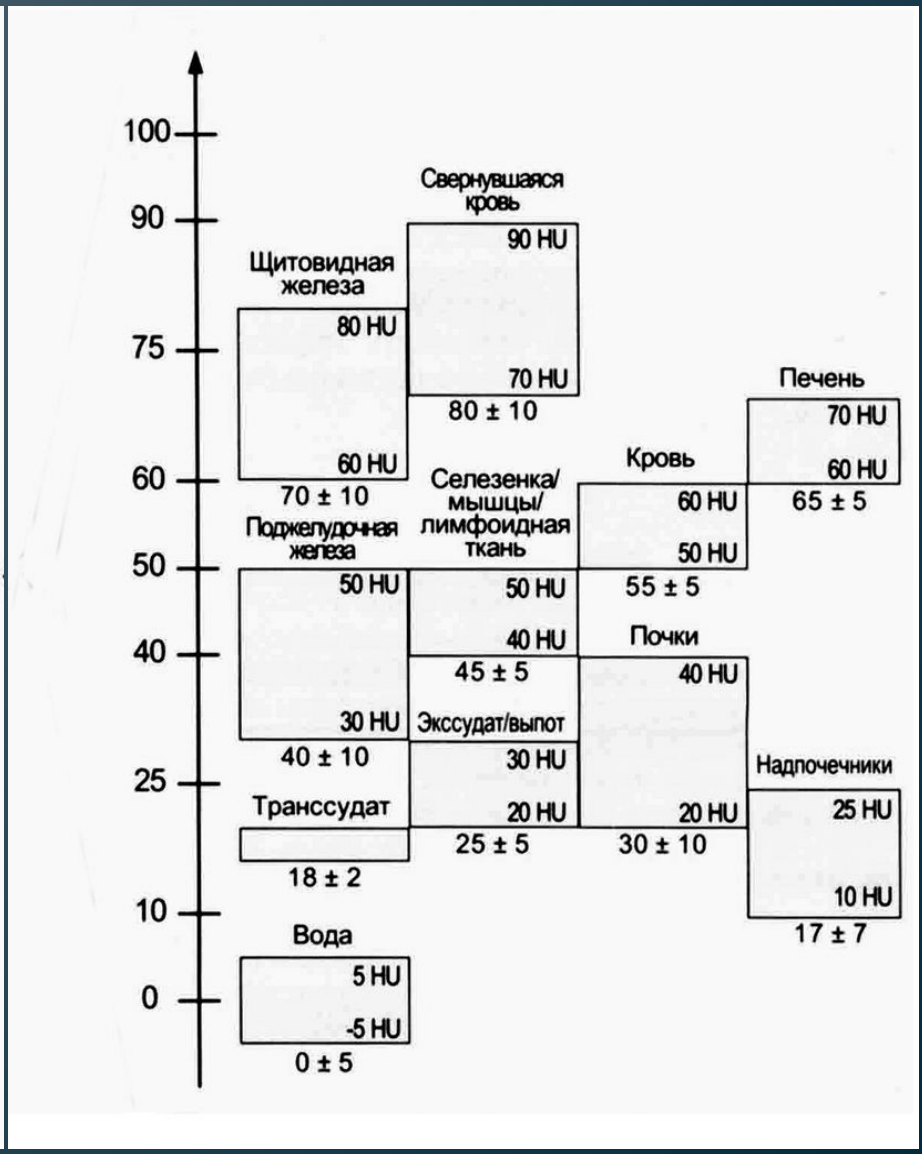
Шкала Хаунсвилда

При томографировании тела пациента создается карта рентгеновских коэффициентов поглощения, которые выражаются в единицах Houndsfield (HU), названных так по имени изобретателя метода, где **0 HU соответствует уровню поглощения дистиллированной воды, а -1000 HU – сухого воздуха**. Эти коэффициенты называются денситометрическими показателями, с помощью которых определяют плотность ткани в любой точке измеряемого слоя.

Денситометрические показатели вычисляются как результат общего поглощения рентгеновских лучей в объемном элементе (вокселе) среза КТ.

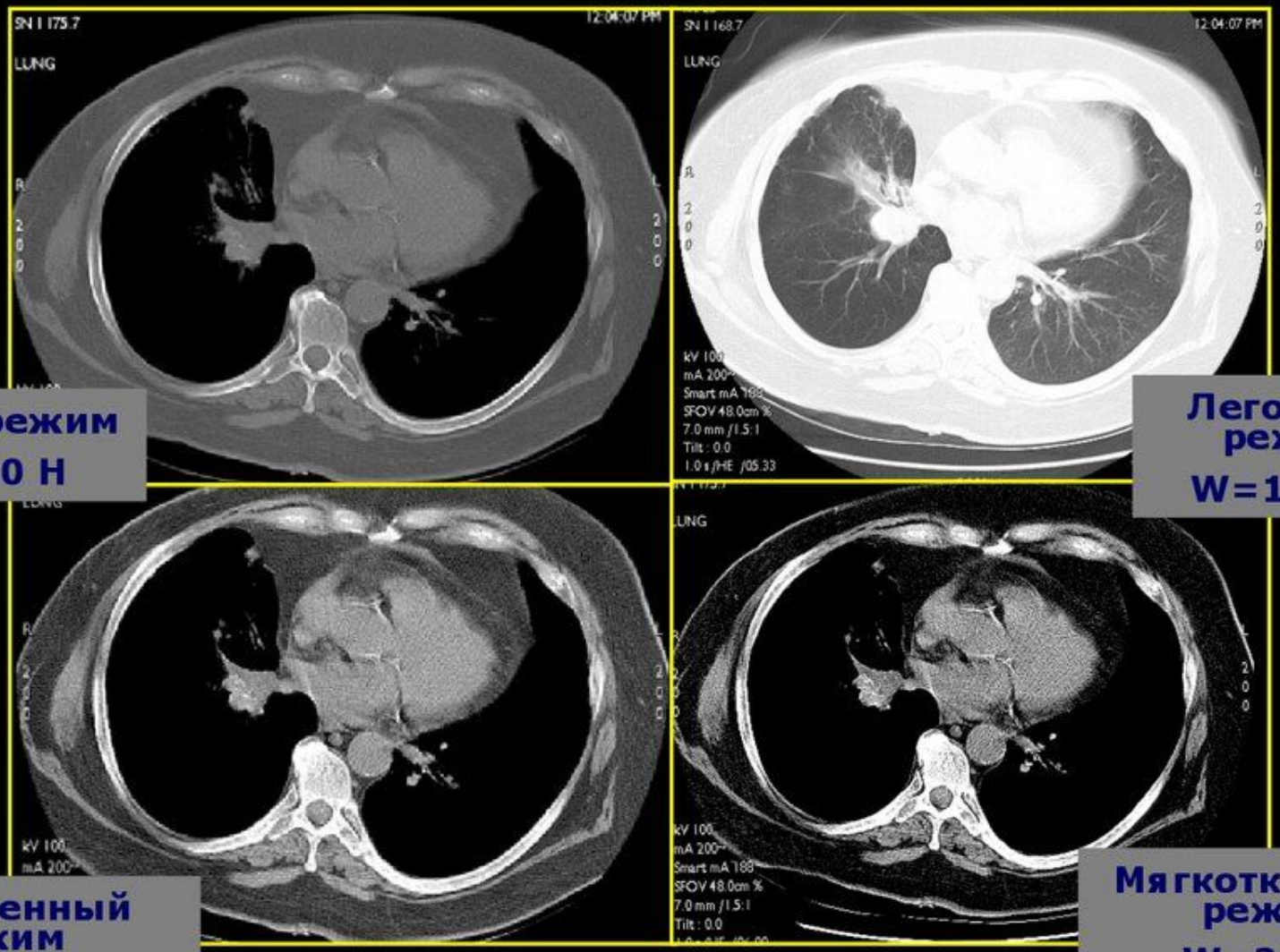
Шкала Хаунсфилда





Различные уровни «окна»

Отображаемый на экране диапазон шкалы Хаунсфилда



Костный режим
W=2000 H

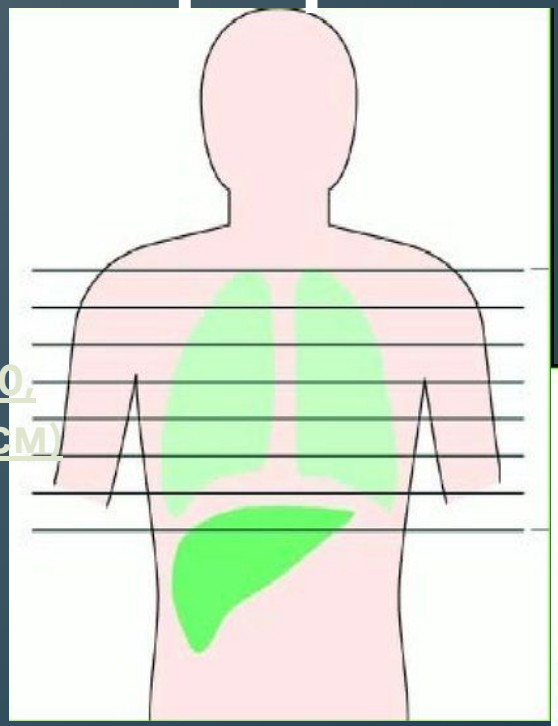
Легочный режим
W=1400 H

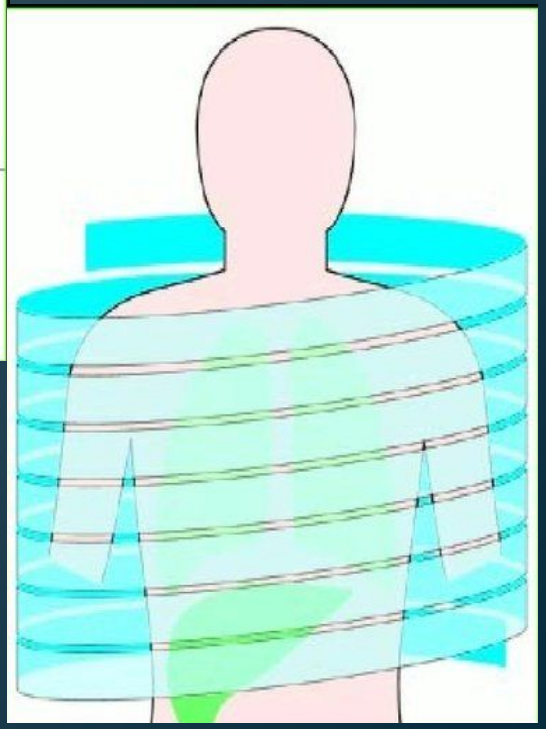
Средостенный режим
W=500 H

Мягкотканный режим
W=300 H

Рентгеновская компьютерная томография

- Пошаговая (КТ)
- Спиральная (СКТ)
  (наклон генри от – 30 до +30,
  длинна сканирования 100 см)
- Мультиспиральная (МСКТ)
- Электронно-оптическая КТ





Рентгеноконтрастные препараты

Ионные	Неионные (мономеры)	Неионные (димеры)
Верографин Урографин	Ультравист Омнипак	Визипак Изовист

Современный 64-спиральный компьютерный томограф

Достоинства и недостатки современных КТ

- быстрота получения изображений
- послойный (томографический) характер изображений
- возможность получения срезов любой ориентации
- высокое пространственное и временное разрешение.

- относительно высокая лучевая нагрузка
- возможность появления артефактов от плотных структур, движений
- относительно невысокое мягкотканое контрастное разрешение

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА

1. Положение пациента: лежа на спине, головой вперед.

2. Направление исследования — любое (от головы к ногам или от ног к голове).

3. Томограмма — боковая.

4. Объем исследования — от уровня основания черепа до верхнего полюса теменной кости.

5. Режим проведения томографии — пошаговый, спиральный.

6. Фазы исследования:

а) при рутинном исследовании — нативная;

б) при оценке новообразований головного мозга — нативная, артериальная, венозная и отсроченная;

в) при проведении ангиографии — нативная, артериальная.

7. Толщина томографического среза — СКТ 3-7 мм, МСКТ 1,25-3 мм, МСКТ 64 - 0,5-0,6 мм.

8. Внутривенное контрастирование:

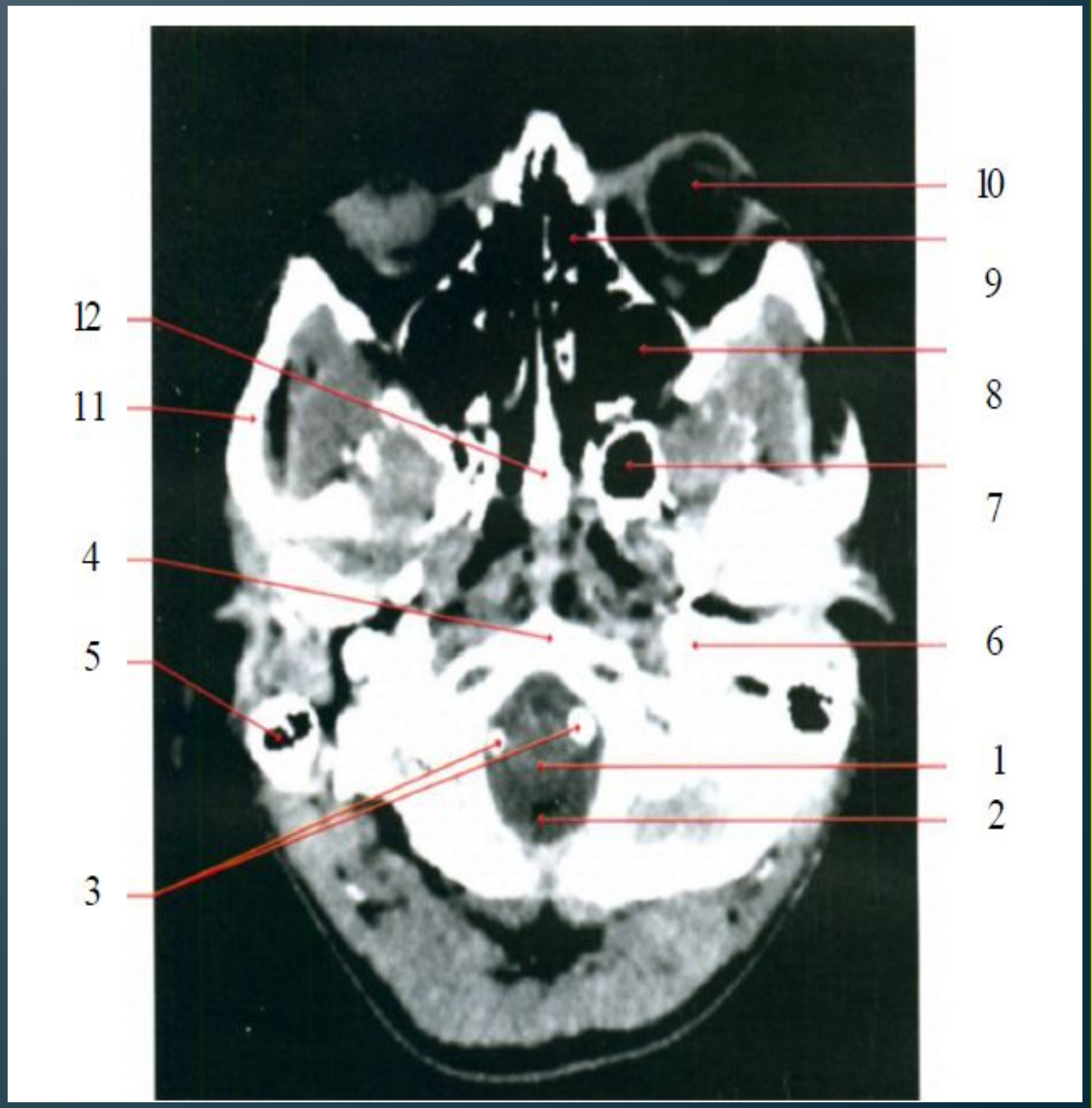
а) при необходимости оценки сосудистого русла (болюсное введение контрастного препарата со скоростью 3,0 — 5,0 мл/сек);

б) при оценке новообразований головного мозга возможно капельное или ручное введение контрастного препарата.

9. Объем контрастного препарата СКТ, МСКТ —120 — 150 мл, МСКТ 64 - 90 -100 мл.

10. Обработка данных: выполнение мультипланарных реконструкций, трехмерных реконструкций, реконструкций максимальной интенсивности.

1) продолговатый мозг; 2) большая (мозжечково-мозговая) цистерна;3) позвоночная артерия; 4) базилярная часть затылочной кости;5) клетки сосцевидного отростка; 6) височная кость; 7) клиновидная (основная) пазуха; 8) верхнечелюстная (гайморова) пазуха;9) решетчатый лабиринт; 10) глазное яблоко; 11) скуловая дуга;12) носовая перегородка



7) клиновидная (основная) пазуха; 13) скат; 16) височная мышца;

18) пирамида височной кости; 19) чешуя височной кости; 21) верхняя

прямая мышца; 24) полуостистая мышца головы; 26) правое

полушарие мозжечка; 28) варолиев мост; 29) червь мозжечка;

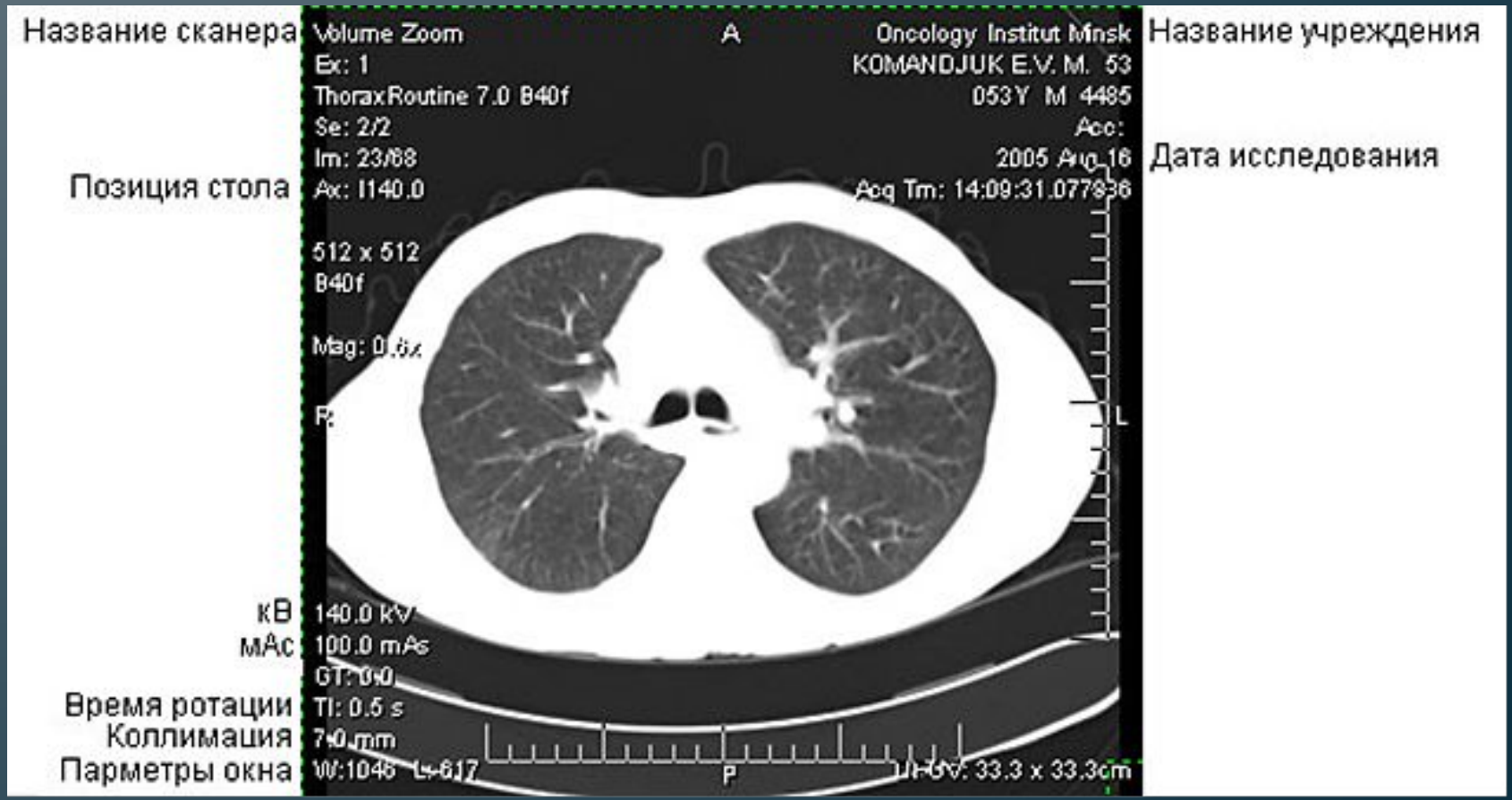
30) затылочный синус; 31) затылочная кость; 32) лобная кость;

33) лобная пазуха; 35) базилярная артерия; 38) средняя височная

извилина; 39) нижняя височная извилина; 40) прямая извилина;

42) IV-й желудочек; 43) петушиный гребень

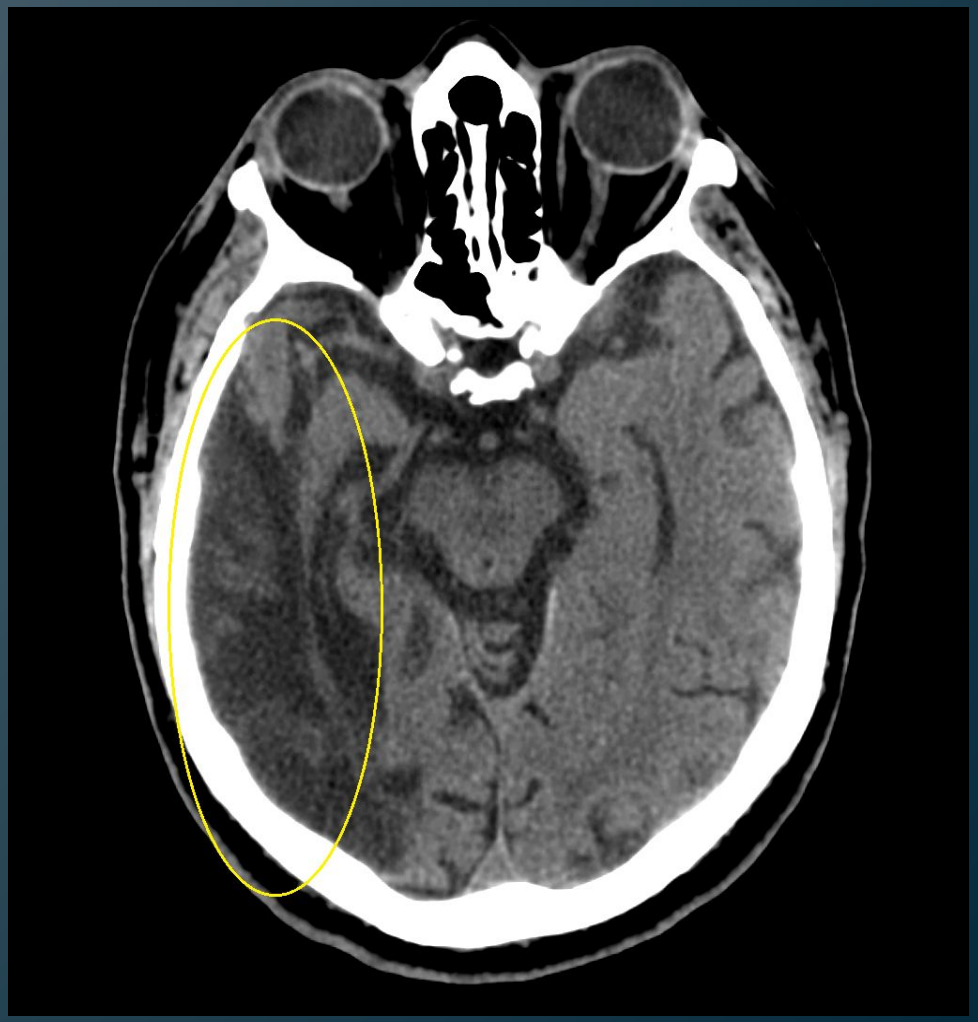
Параметры КТ исследования



Пример заключения КТ

Выполнено исследование: компьютерная томография головы с толщиной среза 2,5 мм на основание черепа и 5,0 мм на остальные отделы.

На серии КТ-сканов с последующей мультипланарной и 3D-реконструкцией определяются следующие изменения: кистозно-атрофический участок "ликворной" плотности (+6...+8 HU) в височной и затылочной доле справа размером 100х30 мм на аксиальном срезе, 30 мм в верхне-нижнем направлении, неправильной формы, с ровными краями, достаточно четкими контурами и далее..

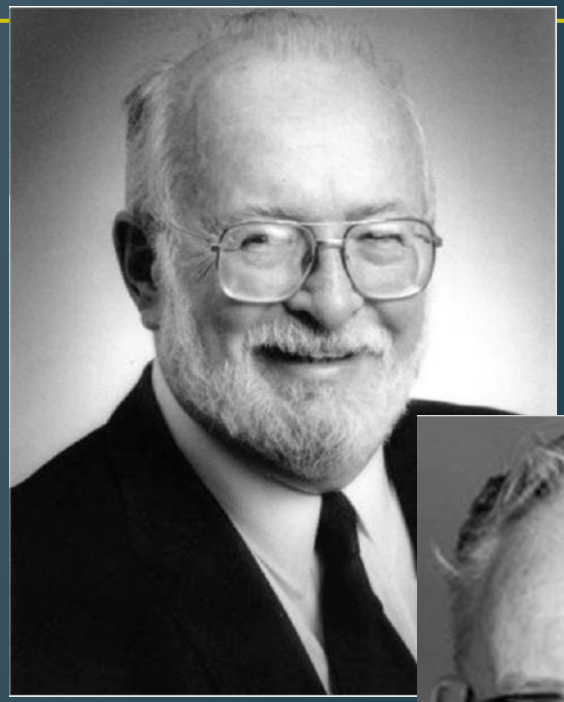


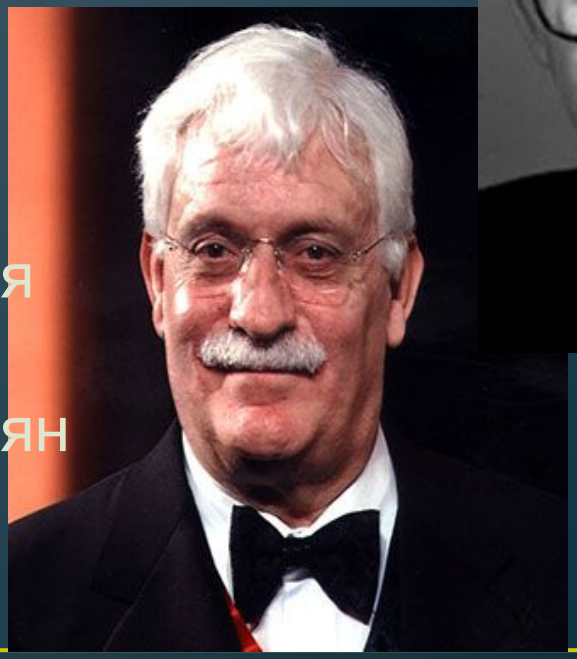
Магнитно-резонансная томография (МРТ)

- метод лучевой диагностики, основанный на получении послойных и объемных изображений органов и тканей любой ориентации с помощью явления ядерного магнитного резон

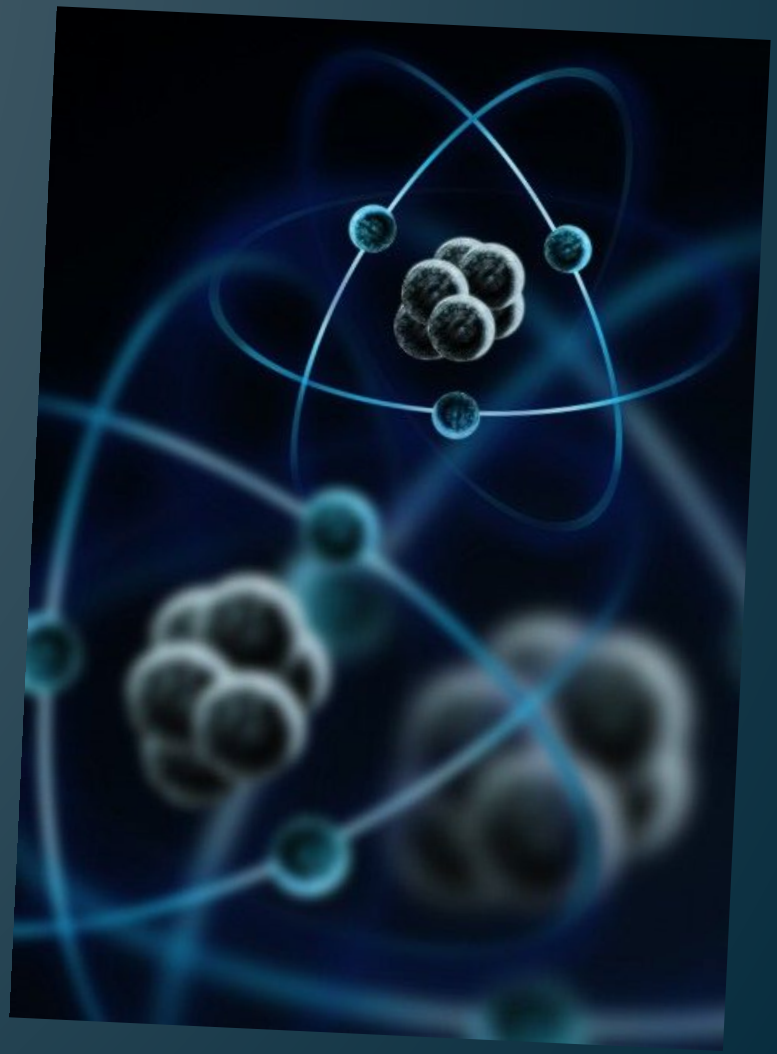
История

Основы заложили работы двух Нобелевских лауреатов – физиков Ф. Блоха и Э. Парселла (1952 г.), открывших эффект ядерного магнитного резонанса (ЯМР). В 1973 г. физик Поль Лаутербур и Питер Мэнсфилд создали методику пространственной локализации МР-сигнала и получили первые изображения тест-объектов. В 1977 г. американский врач Р. Дамадьян выполнил первые МР-томограммы животных и человека.





Ядерно-магнитный резонанс – это физическое явление, основанное на свойствах атомных ядер, помещенных в магнитном поле, поглощать внешнюю энергию в радиочастотном (РЧ) диапазоне и излучать ее после прекращения воздействия радиочастотного импульса. Напряженность постоянного магнитного поля и частота радиочастотного импульса строго соответствуют друг другу.

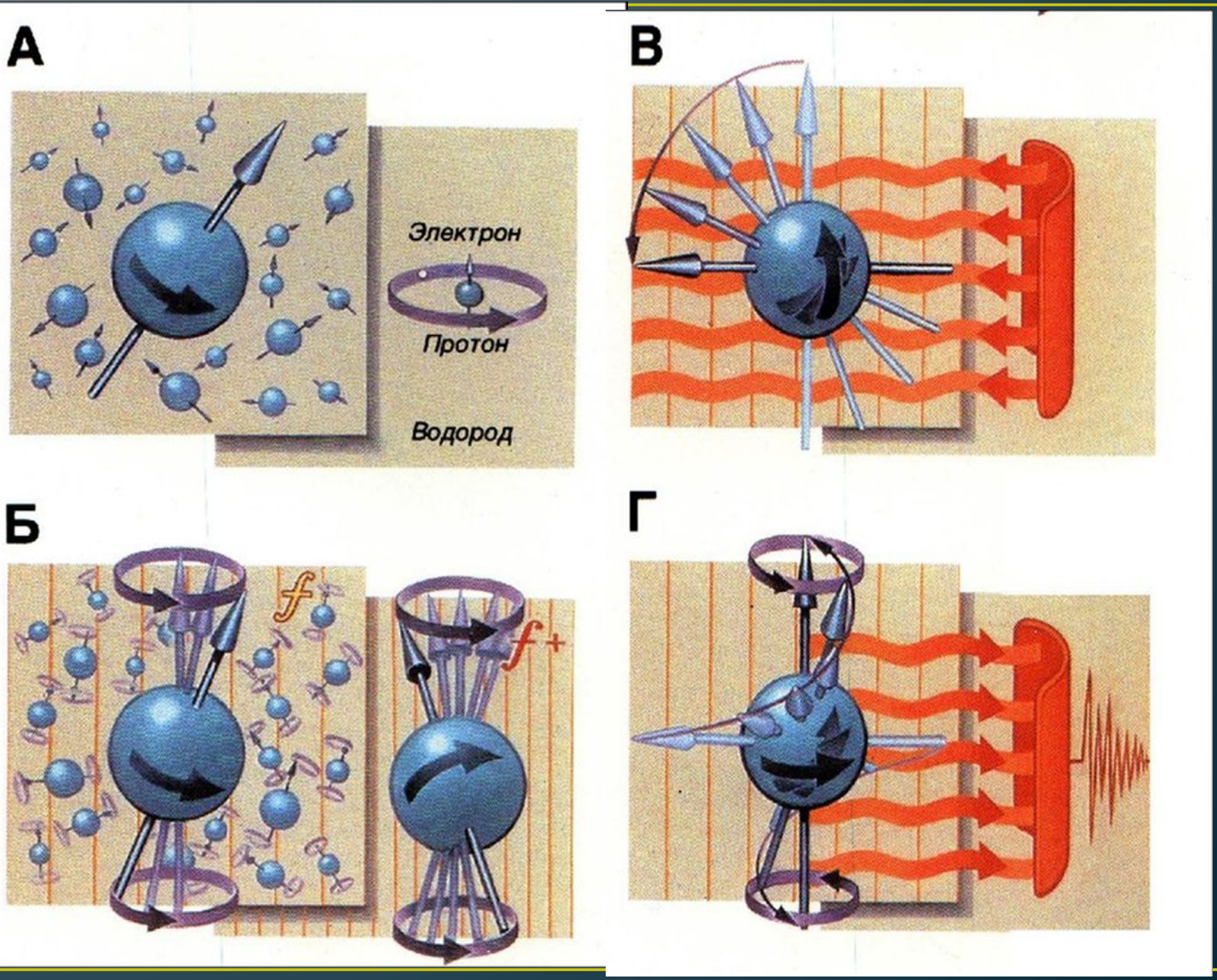


Важными для использования при магнитно-резонансной томографии являются ядра 1H, 13C, 19F, 23Na и 31P. Все они обладают магнитными свойствами, что отличает их от немагнитных изотопов. Протоны водорода (1H) наиболее распространены в организме. Поэтому для МРТ используется именно сигнал от ядер

Ядра водорода можно представить как маленькие магниты (диполи), имеющие два полюса. Каждый протон вращается вокруг собственной оси и обладает небольшим магнитным моментом (вектором намагниченности).

Спины – это вращающи магнитные моменты.

Такие ядра во внешнем магнитном поле могут поглощать электромагнитные волны определенных частот. Под действием магнитного поля ядро вращается вокруг своей оси, а сама ось вращения совершает конусообразные круговые движения (прецессирует). Во внешнем магнитном поле ядра могут находиться либо в стабильном энергетическом состоянии, либо в возбужденном состоянии. Разность энергий этих двух состояний очень мала, поэтому чтобы обнаружить эту намагниченность, необходимо отклонить ее вектор от оси постоянного магнитного поля. Это достигается с помощью импульса внешнего электромагнитного излучения. При возвращении системы к равновесному состоянию излучается поглощенная энергия –который регистрируется и используется для построения МР-изображений.

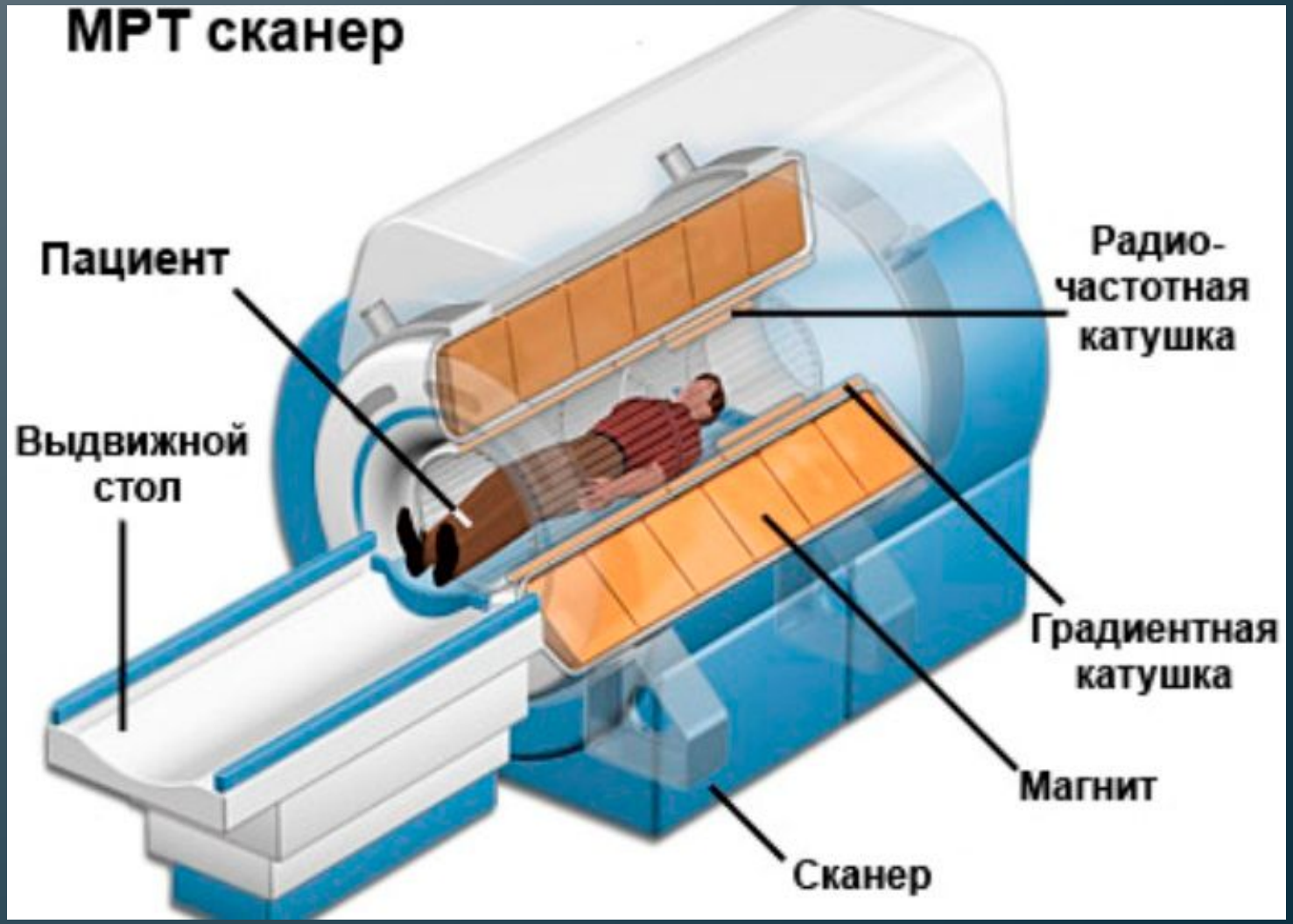

А
Электрон
Протон
Водород
В
Б
f
f +
Г

Важными характеристиками ЯМР-сигнала являются времена релаксации T1 и T2

T1 – время спин-решёточной (продольной) релаксации, отражает скорость отдачи избыточной энергии, «закачанной» радиочастотным резонансным импульсом, окружению ядра.

T2 – время спин-спиновой или поперечной релаксации, отражает поведение всего спинового ансамбля и не изменяет энергию ядерных спинов.

Схема устройства МРТ



Современный МР-томограф

МР-томографы классифицируются в зависимости от напряженности магнитного поля. Сила магнитного поля измеряется в теслах (Тл) или гауссах **1Тл = 10.000 гаусс**. Для клинической МР-томографии используются магниты с полями от 0,2 до 3 тесла. В настоящее время для диагностики чаще всего используются МР-системы с полем 1,5 и 3 Тл.

Проведение процедуры

Рис. 1.2. Положение лазерных осей контроля положения тела больного

- продольный прожектор центрирования направляет луч параллельно (вдоль) Z-оси тоннеля магнита.
- горизонтальный прожектор направляет луч слева-направо вдоль X-оси тоннеля магнита.
- вертикальный прожектор направляет луч сверху-вниз вдоль Y-оси тоннеля магнита.

Продолжительность сканирования МРТ составляет обычно до 20-30 минут, но может продолжаться дольше.

Так как МР томографы производят громкий шум, обязательно используется защита для ушей (беруши или наушники). Для некоторых видов исследований используется внутривенное введение контрастного вещества (на базе гадолиния или оксидов железа).

Перед началом процедуры пациенту следует объяснить как долго продлится сканирование, где находится кнопка вызова и каким способом можно обратиться к персоналу во время сканирования.

Изображения МРТ

Основными величинами, влияющими на качество изображения, являются следующие:

- Величина отношения сигнал/шум.
- Величина отношения контраст/шум.
- Пространственное разрешение.
- Время сканирования.

Изображения МРТ

- T1WI
- T2WI
- FLAIR
- STIR
- DWI
- ADC
- GRE

Спин-эхо последовательность

- T1 взвешенное изображение
- T2 взвешенное изображение

Диффузионно-взвешенные изображения

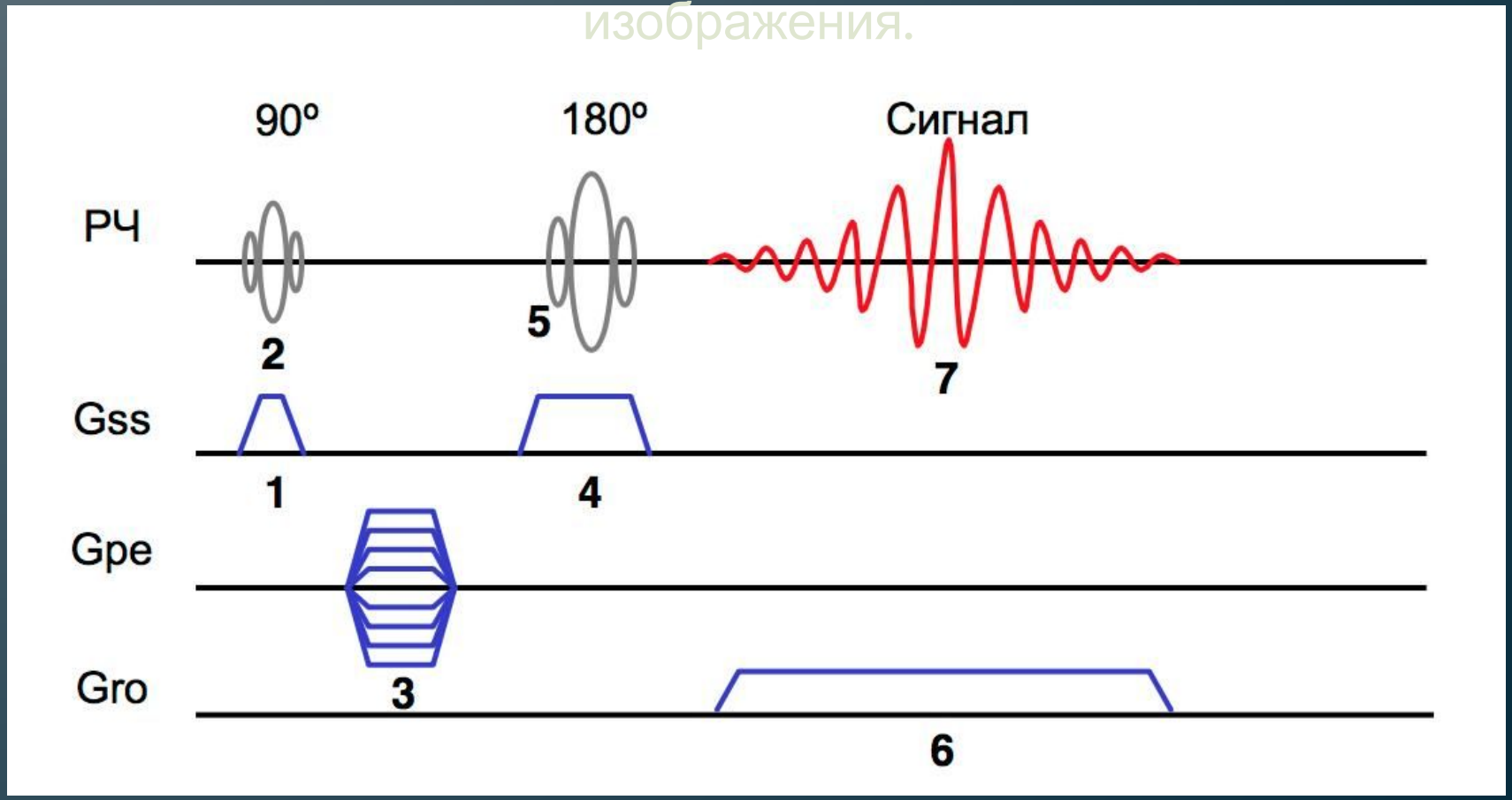
- B фактор диффузии
- Измеряемый коэффициент диффузии
- T2-просвечивание

Инверсия восстановлени

- FLAIR
- STIR
  - STIR vs FS

Спин-эхо последовательность

- наиболее часто используемая в МРТ импульсная последовательность. Регулируя TR и TE временные переменные можно получать как T1, PD и T2 взвешенные изображения.



Т1 взвешенные изображения

Т1ВИ получают при использовании базовой спин-эхо импульсной последовательности. Они демонстрируют разницу времени Т1 релаксации в различных тканях.

Т1 - взвешенные изображения, характеризующиеся сниженным сигналом от воды (церебральный ликвор) и средним МР сигналом от церебральной (спинальной) паренхимы.

Базовые характеристики:

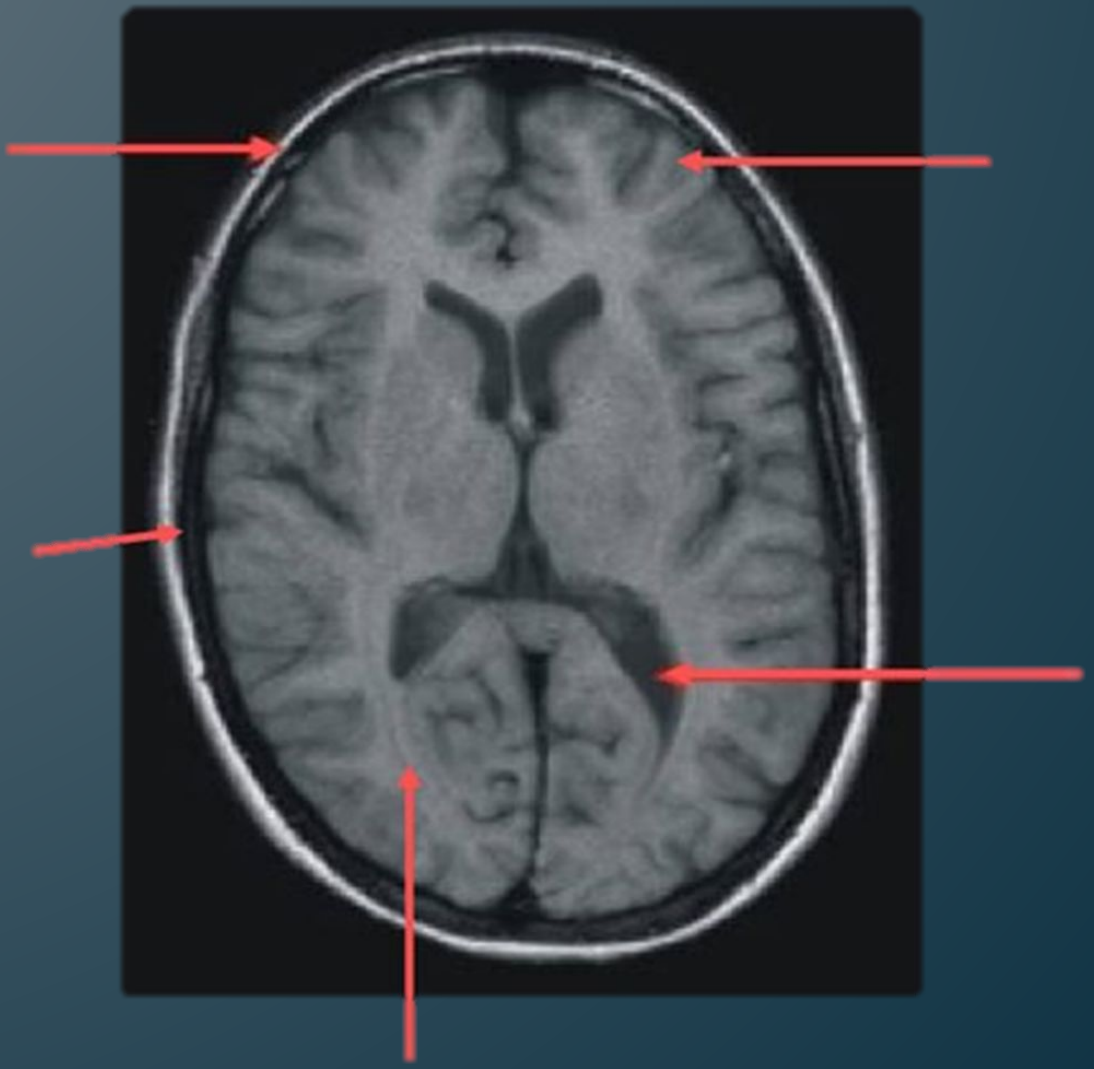
TR: короткое

TE: короткое

жировая ткань: яркий

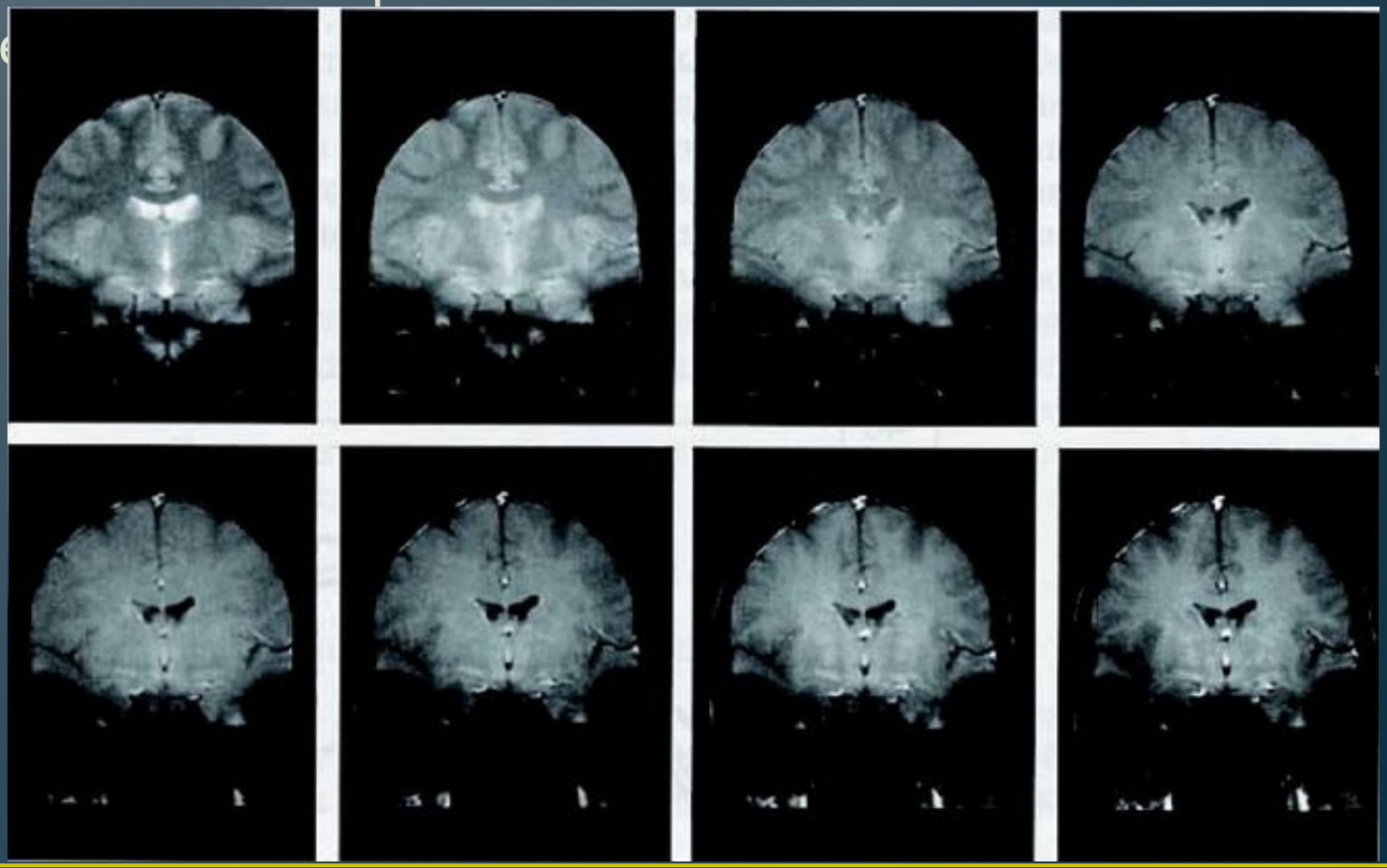
жидкость: темная

T1 взвешенные изображения



T1 взвешенные изображения

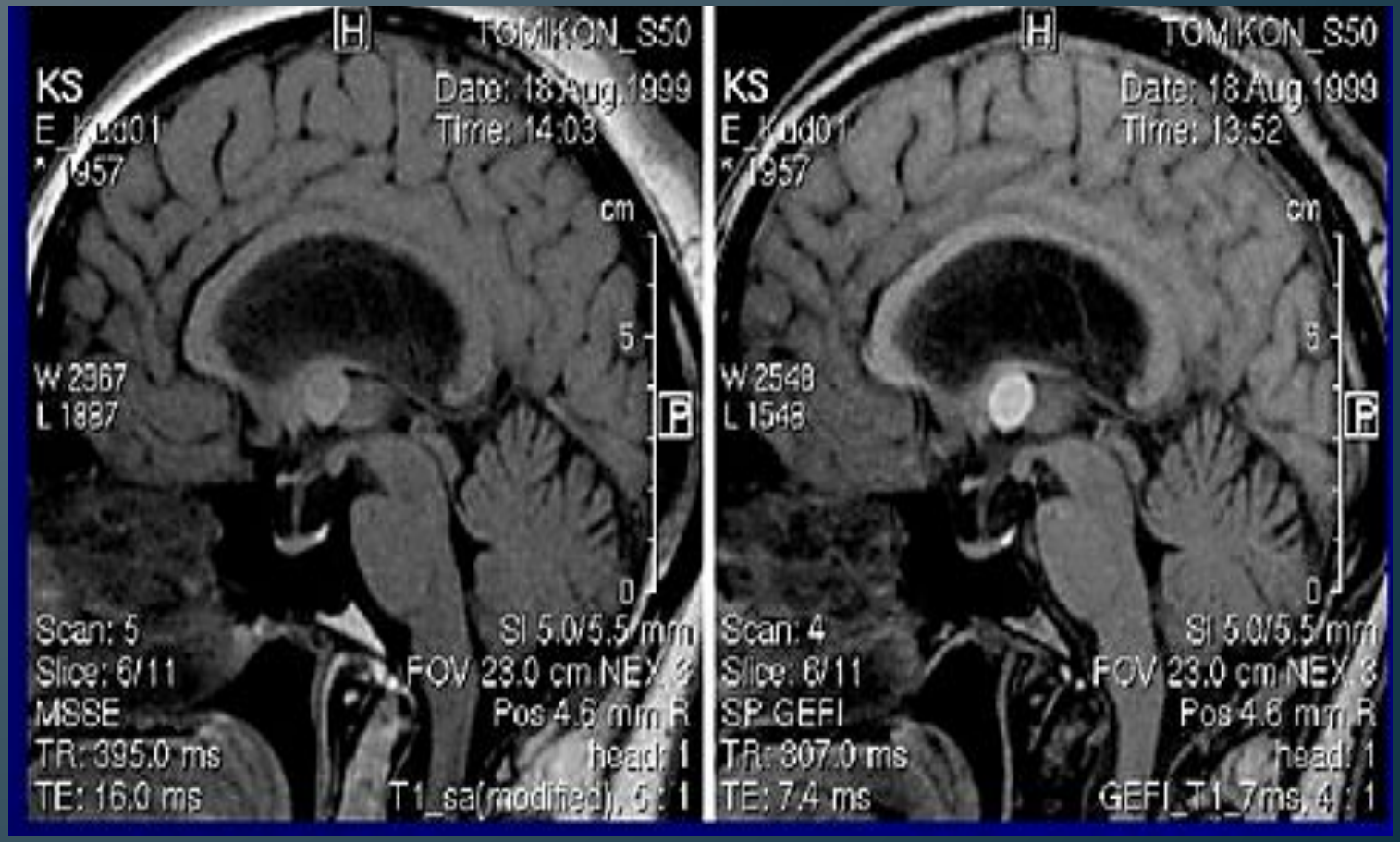
Последовательность градиентных эхо-сигналов – серия томограмм мозга здорового человека. TR = 300 мс, TE = 19мс, A = 10 – 80 градусов (слева направо). С ростом угла отклонения томограммы становятся все более T1 – взве



Примеры T1-взвешенных последовательностей

- T1W спин-эхо (SE)
- T1W градиентное эхо (GRE)
- Постконтрастные последовательности (последовательности градиентного эхо)
- Время-пролетные 2D или 3D последовательности МР-ангиографии
- МР ангиография с контрастным усилением
- Последовательность двойного эха (in-phase и out-of-phase)

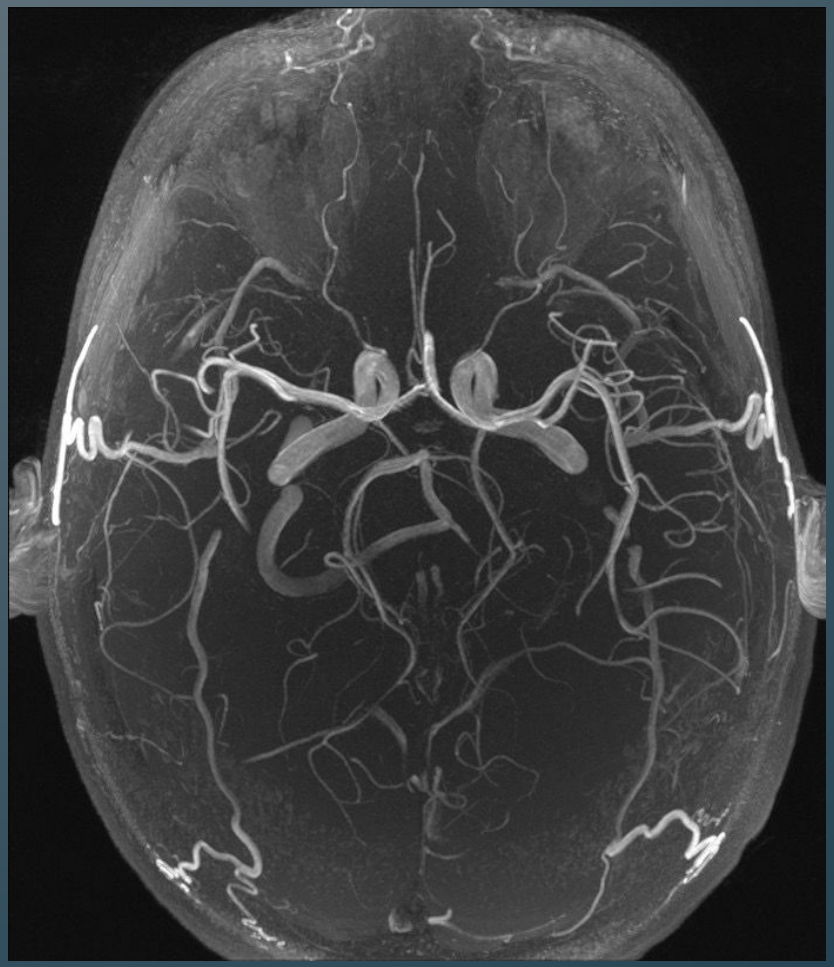
T1W спин-эхо (SE)



T1W, SE

T1W, GRE

Времяпролетные 2D или 3D последовательности МР-ангиографии

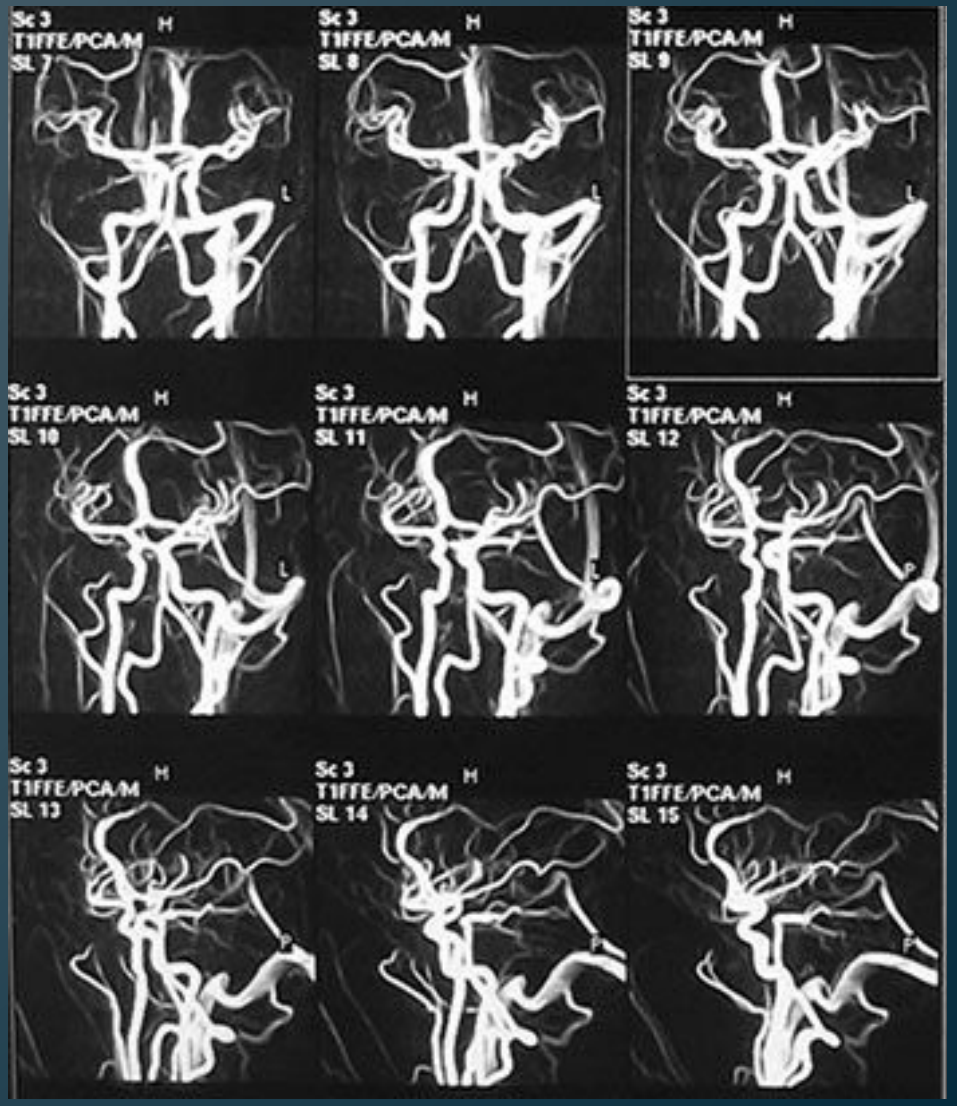


Изображения МР-ангиографии без введения контрастного вещества. Технические параметры:
двумерная времяпролетная ангиография (2D TOF – time of flight)
Синхронизация с ЭКГ или пульсом.
100 поперечных срезов по 3-4 мм.

МР ангиография с контрастным усилением

Технические параметры:
Последовательность – 3D градиентные Т1 взвешенные изображения.
Внутривенное введение контраста автоматическим инъектором.

80 фронтальных срезов по 1,4 мм.



T2 взвешенные изображения

Получаются за счет поперечной или спин-спиновой релаксации и требуют больших чем при T1 интервалов TE и TR.
При установке очень длинных значений интервала TE, сигнал сохранят только ткани с очень большим временем релаксации T2.
Парамагнитные контрастные препараты (например, гадолиний-содержащие соединения) сокращают время T2 релаксации приводя к снижению интенсивности МР сигнала.

Базовые характеристики:

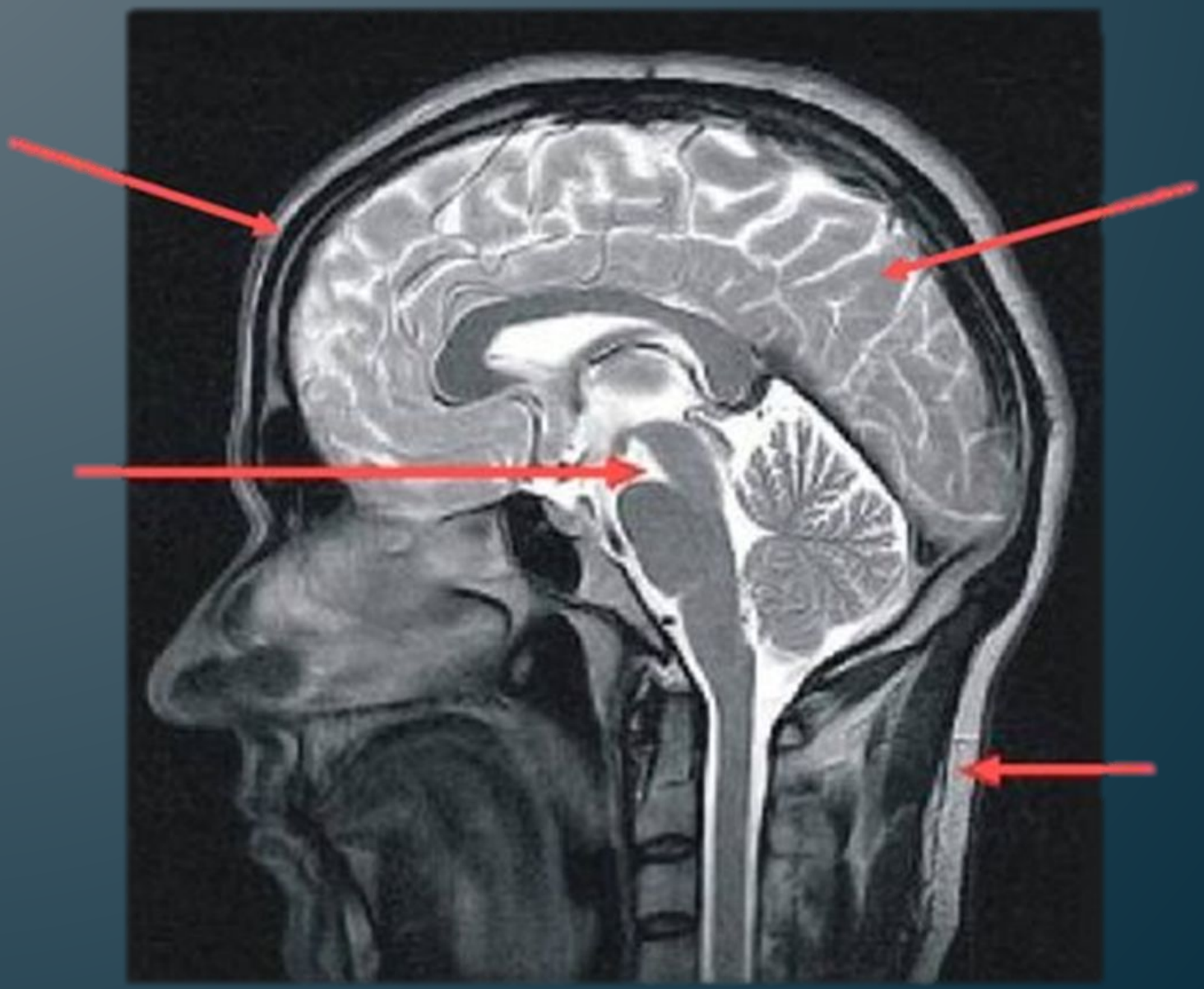
TR: длинное

TE: длинное

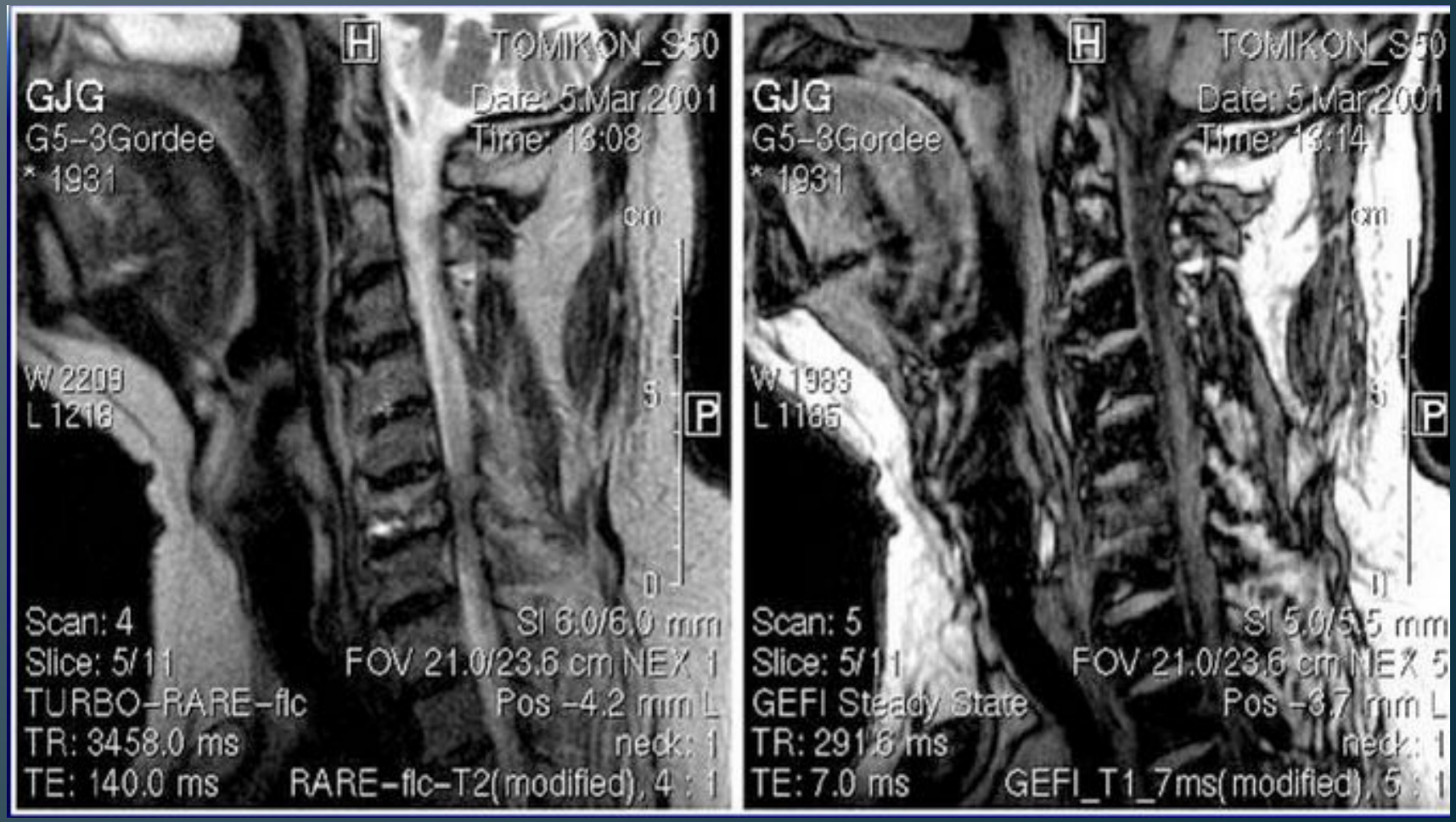
жировая ткань: промежуточно-яркая

жидкость: яркая

T2 взвешенные изображения



T2 взвешенные изображения

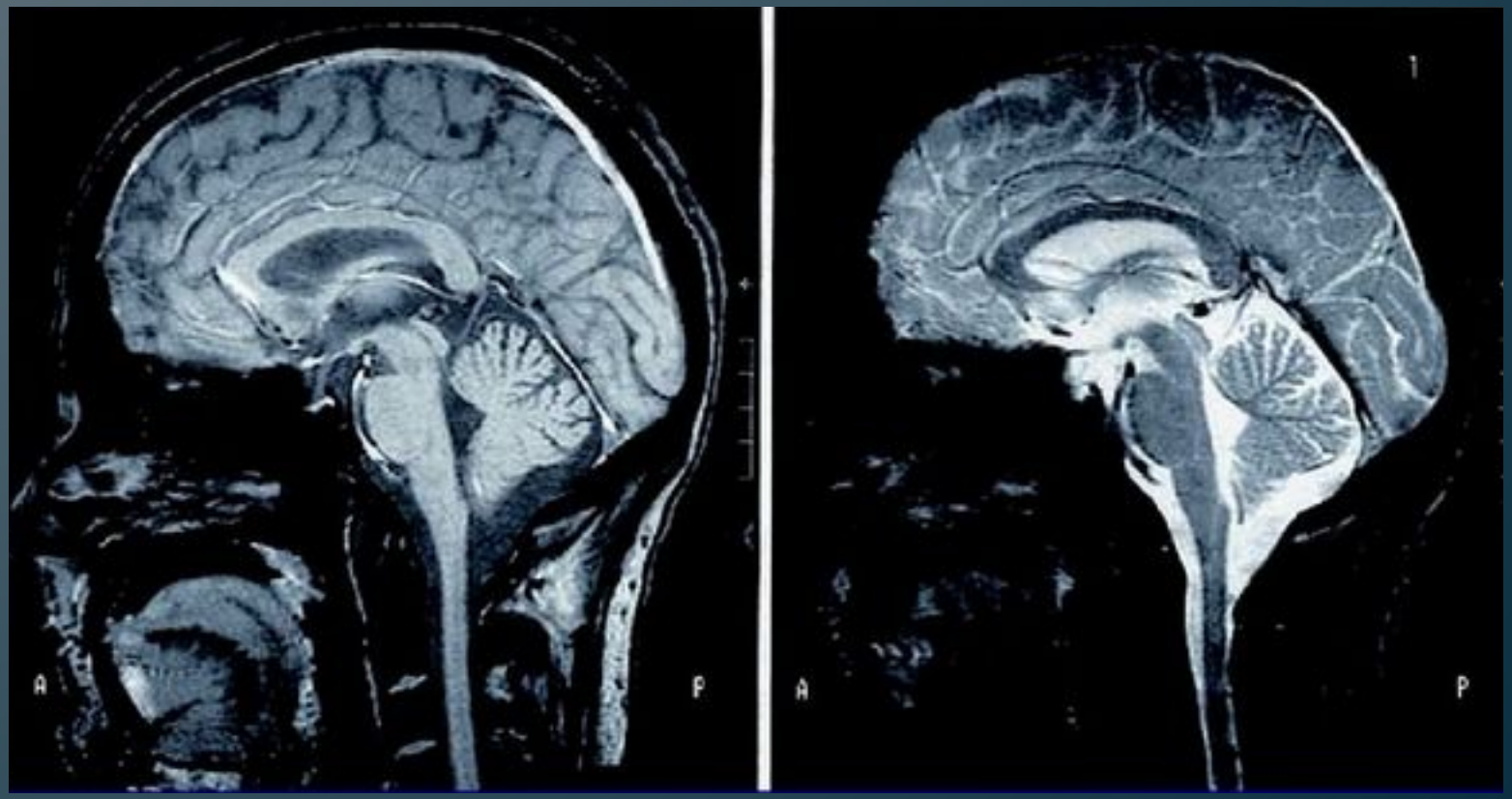


T2w, SE

T2w, GRE

GRE (градиентное эхо)

GRE - сагиттальные томограммы мозга. Слева – T1 промежуточное взвешивание с сильной T1 – зависимостью.
Справа T2 взвешивание.



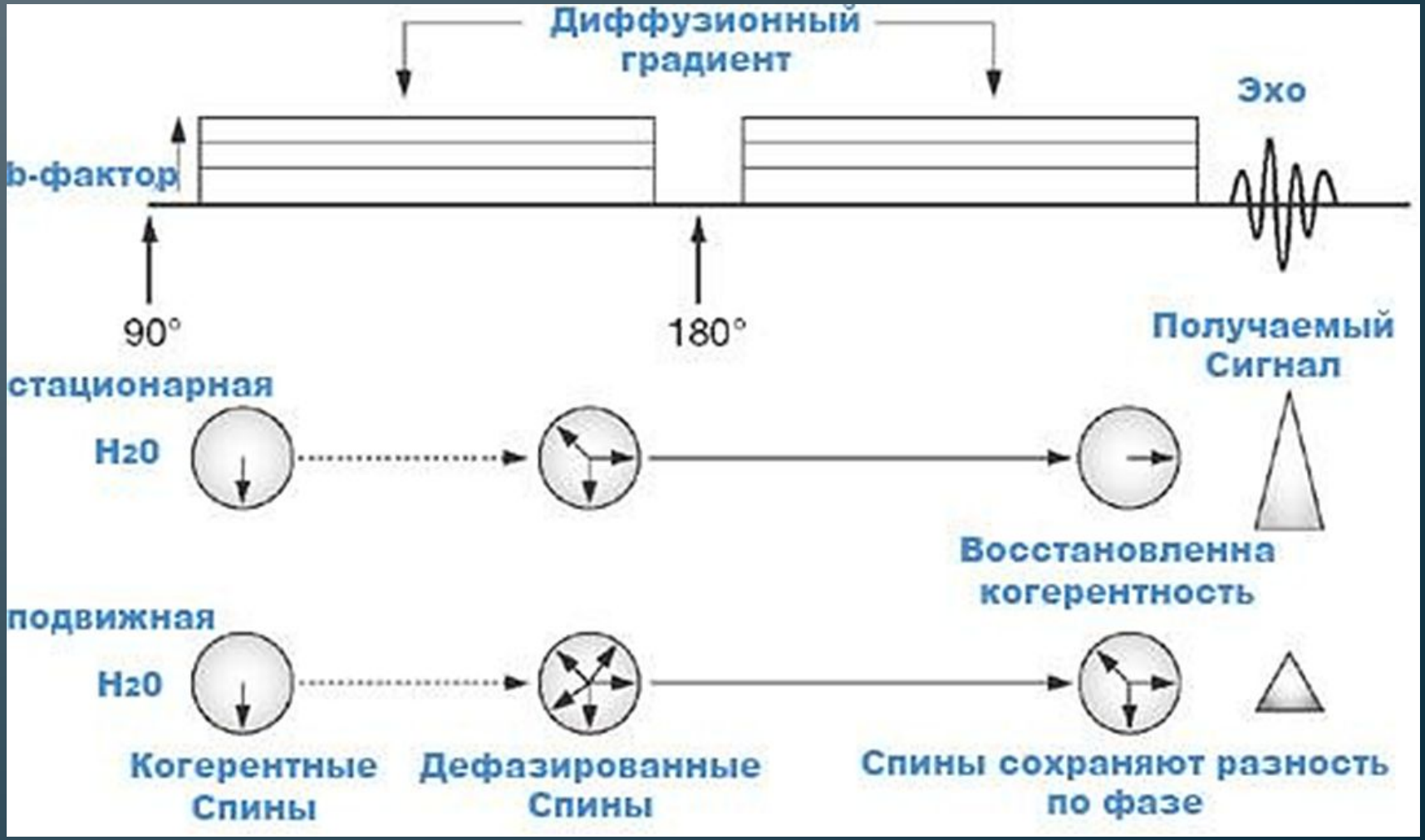
GRE- градиентное эхо- может использоваться для повышения специфичности выявленных изменений при интрацеребральных кальцинатах, острых геморрагических нарушениях.

Диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ, DWI)

– метод визуализации Броуновского «беспорядочного» движения молекул воды в тканях.

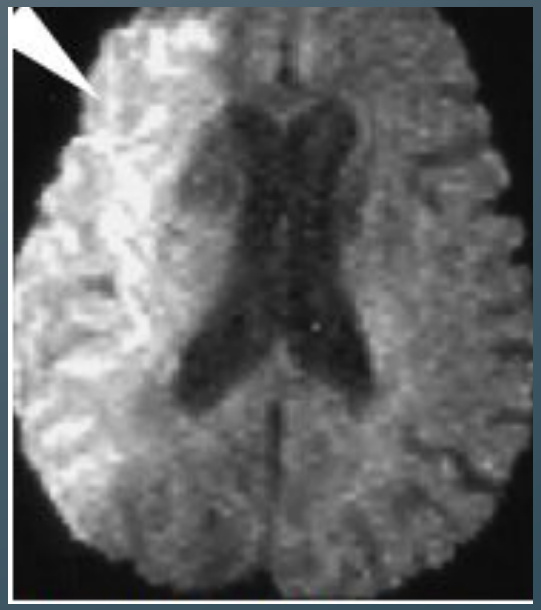
Отношение гистологического строения ткани и скорости диффузии достаточно сложны, но сводятся к тому, что плотность расположения клеток и уменьшение объема внеклеточного пространства ведут к уменьшению диффузии. Диффузионно-взвешенные изображения особенно полезны в диагностике опухолей и ишемии головного мозга.

Спин-эхо последовательность с диффузионным градиентом

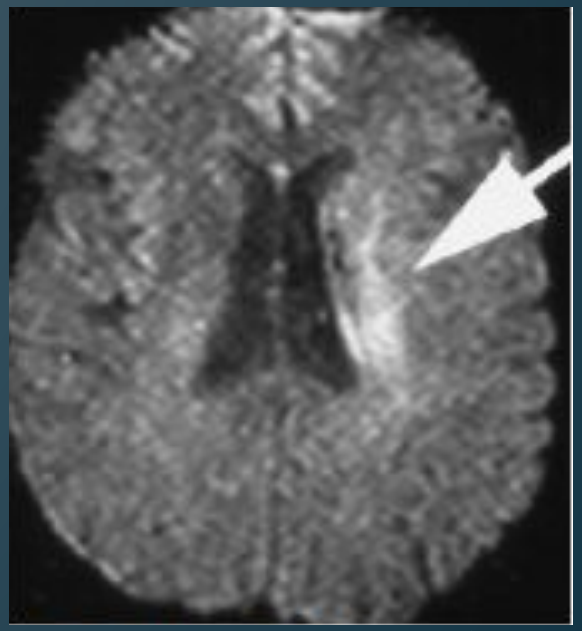


Диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ, DWI)

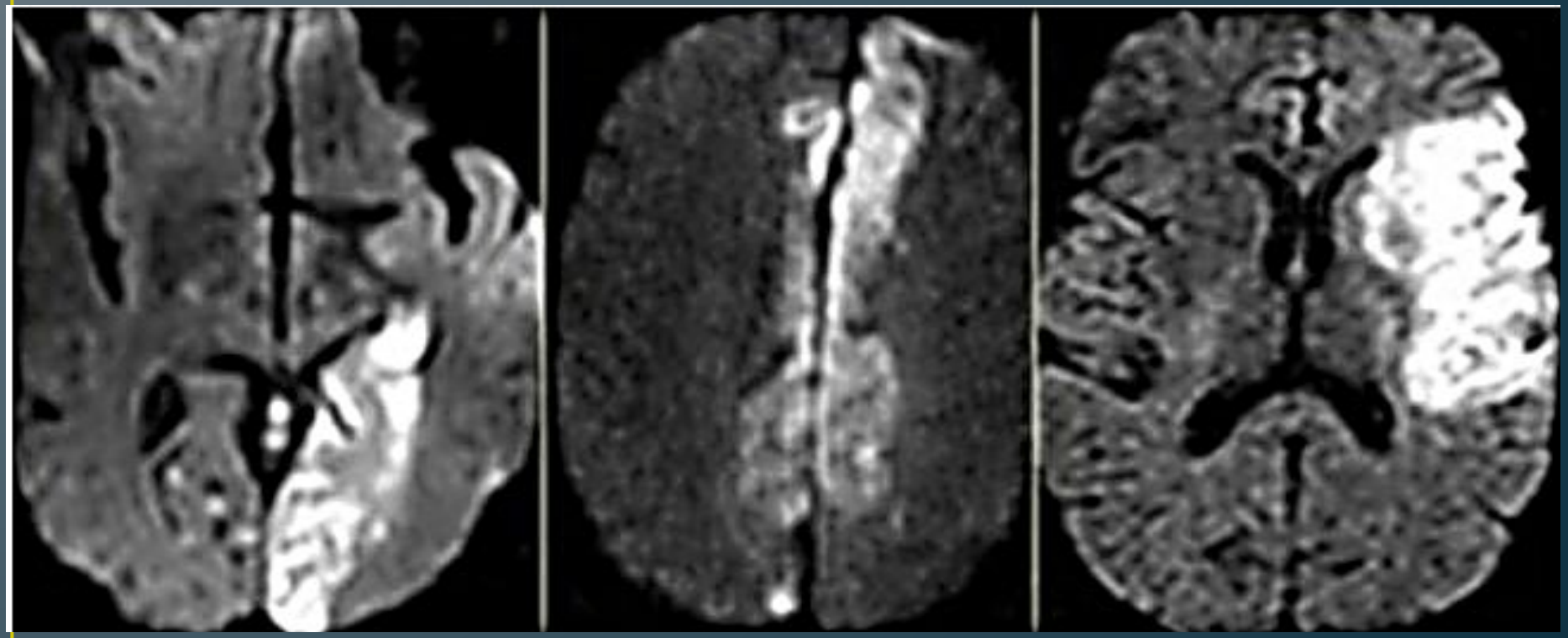
ОНМК в бассейне СМА. Первые 2 часа



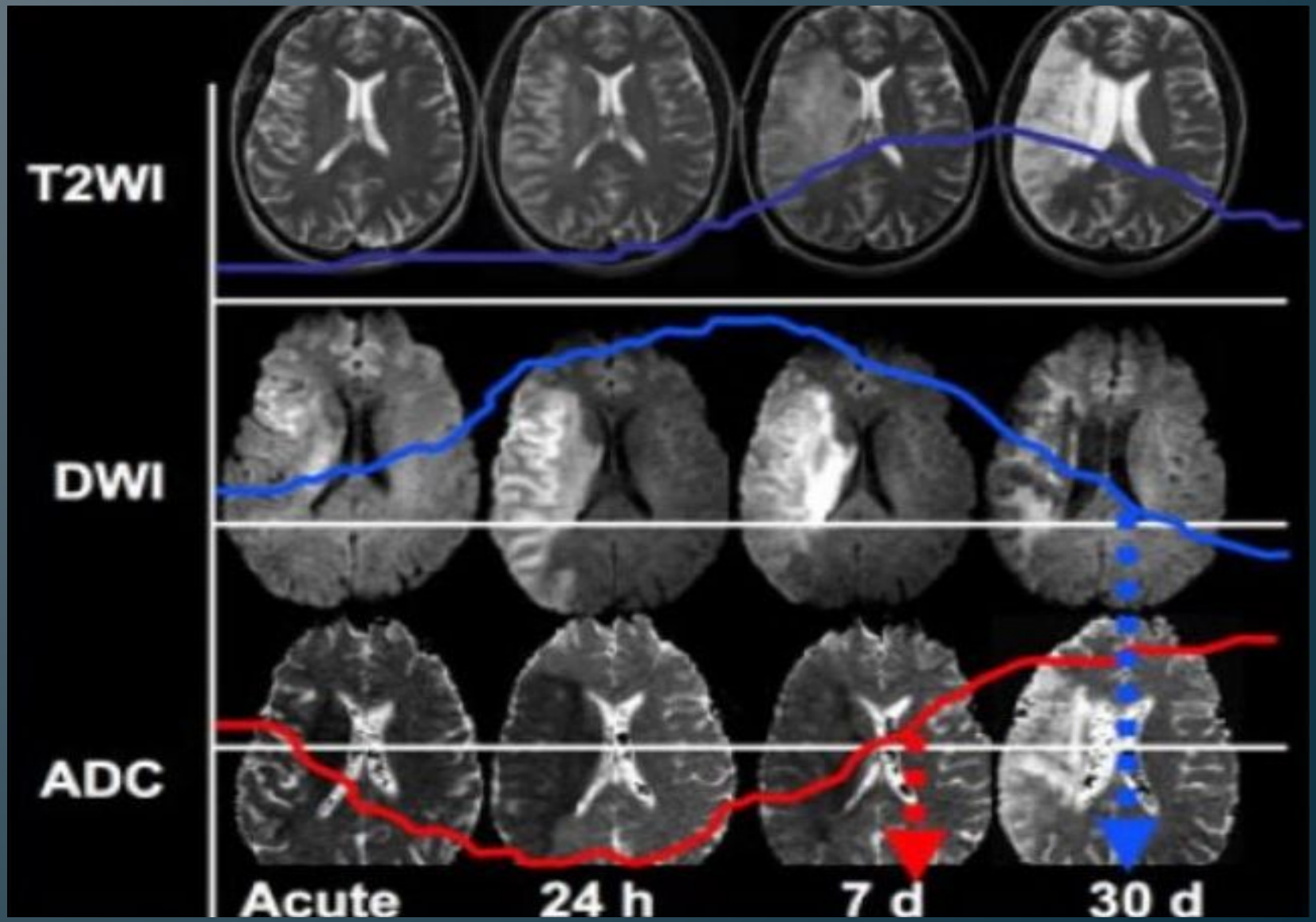
ОНМК 1,5 часа. Гемипарез справа и афазия



- DWI наиболее чувствительны к цитотоксическому отеку (отражает переход жидкости из межклеточного пространства в клетки), который ограничивает Броуновское движение внутриклеточной воды. Эти изображения превосходят все методы диагностики по раннему выявлению ишемических нарушений. Чувствительность/специфичность МРТ г.м. типа ДВИ в первые 6 часов равна 91/95%.



Диффузно-взвешенные аксиальные МРТ. Острая стадия ОНМК в разных бассейнах.



Динамика Т2 взвешенных МРТ, диффузно-взвешенных МРТ и МРТ карт диффузии (ADC) во времени.

Клиническое применение

- ранняя диагностика инсульта головного мозга
- дифференциальная диагностика острого инсульта от хронического
- дифференциальная диагностика острого инсульта от заболеваний симулирующих острый инсульт
- дифференциальная диагностика эпидермоида и арахноидальных кист
- дифференциальная диагностика абсцесса головного мозга и некроза опухоли
- оценка кортикальных поражений при болезни Крейцфельда-Якобса
- дифференциальная диагностика герпетического энцефалита и диффузных глиом височной доли
- оценка распространенности диффузного аксиального поражения
- стадирование глиом и менингиом

Измеряемый коэффициент диффузии (ИКД)

(apparent diffusion coefficient - ADC)

- является количественной характеристикой диффузии в ткани и рассчитывается по ДВИ.

Значения ИКД рассчитываются автоматически с помощью программного обеспечения, а затем отображаются в виде параметрической карты, которая отражает степень диффузии молекул воды в различных тканях. Затем, возможно измерение ИКД в области интереса, путем ее выделения инструментами на рабочей станции (ROI).

Единицей измерения ИКД в ткани выражается в единицах **$мм^2/с$**. Нет единого мнения относительно границ диапазона нормальной диффузии, но значения ИКД меньше, чем 1000-1100 $х\ 10^{-6}$ $мм^2/с$, как правило, считаются ограничением диффузии. Тем не менее, эти значения зависят от органа и изучаемой патологии .

Измеряемый коэффициент диффузии (ИКД)

(apparent diffusion coefficient - ADC)

Некоторые полезные значения (10^{-6} мм^2/с):

Белое вещество: 670-800

Серое вещество (кора головного мозга): 800-1000

Серое вещество (базальные ядра): 700-850

ЦСЖ: 3000-3400

Астроцитомы:

- II степени злокачественности по ВОЗ: 1273 ± 293
- III степени злокачественности по ВОЗ: 1067 ± 276
- IV степени злокачественности по ВОЗ: 745 ± 135

Изменение диффузии коррелирует с клиническим дефицитом и является потенциально полезны параметром для ранней диагностики и оценки во времени, особенно в контексте фармакологических испытаний.

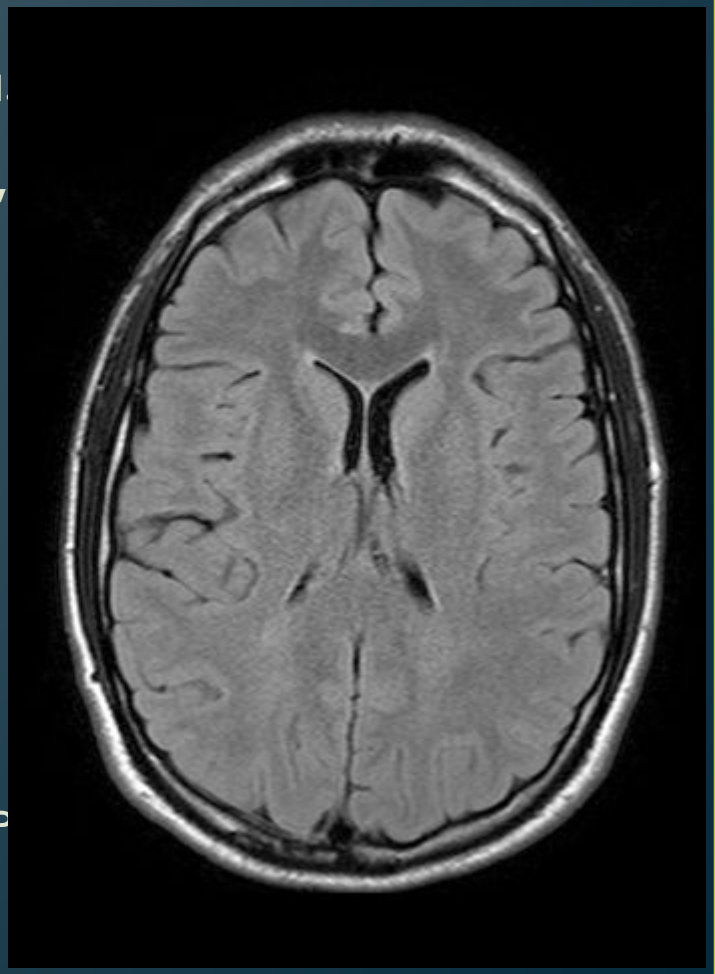
FLAIR | инверсия - восстановление спинного эха | fluid attenuation inversion recovery

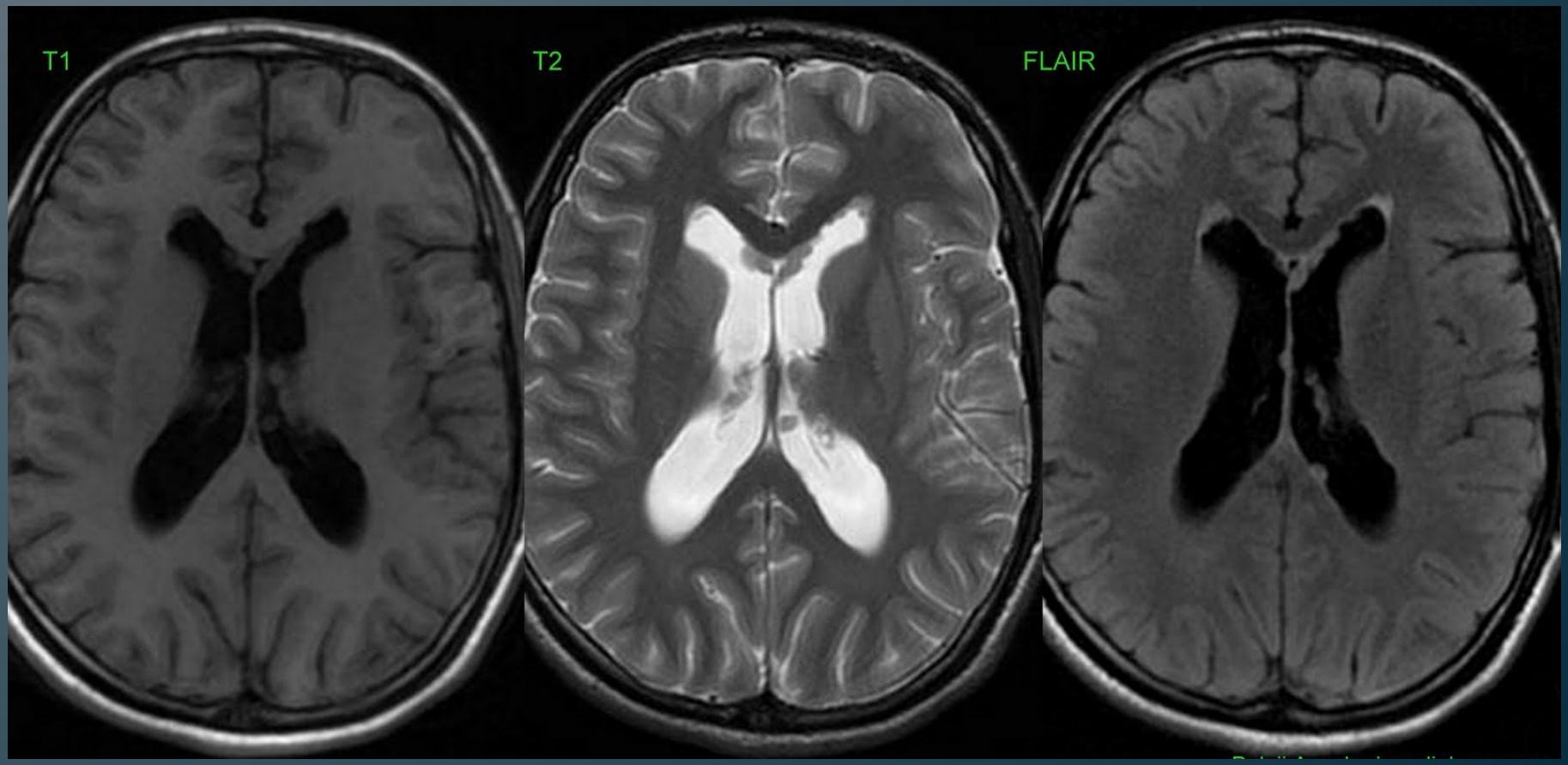
FLAIR- режим инверсии-восстановления с редукцией сигнала от свободной жидкости. Незаменимый режим для оптимизации изображения белого вещества. Поражения, которые при обычной Т2-контрастности перекрыты сигналом яркого ликвора, делаются видимыми с помощью данного метода.

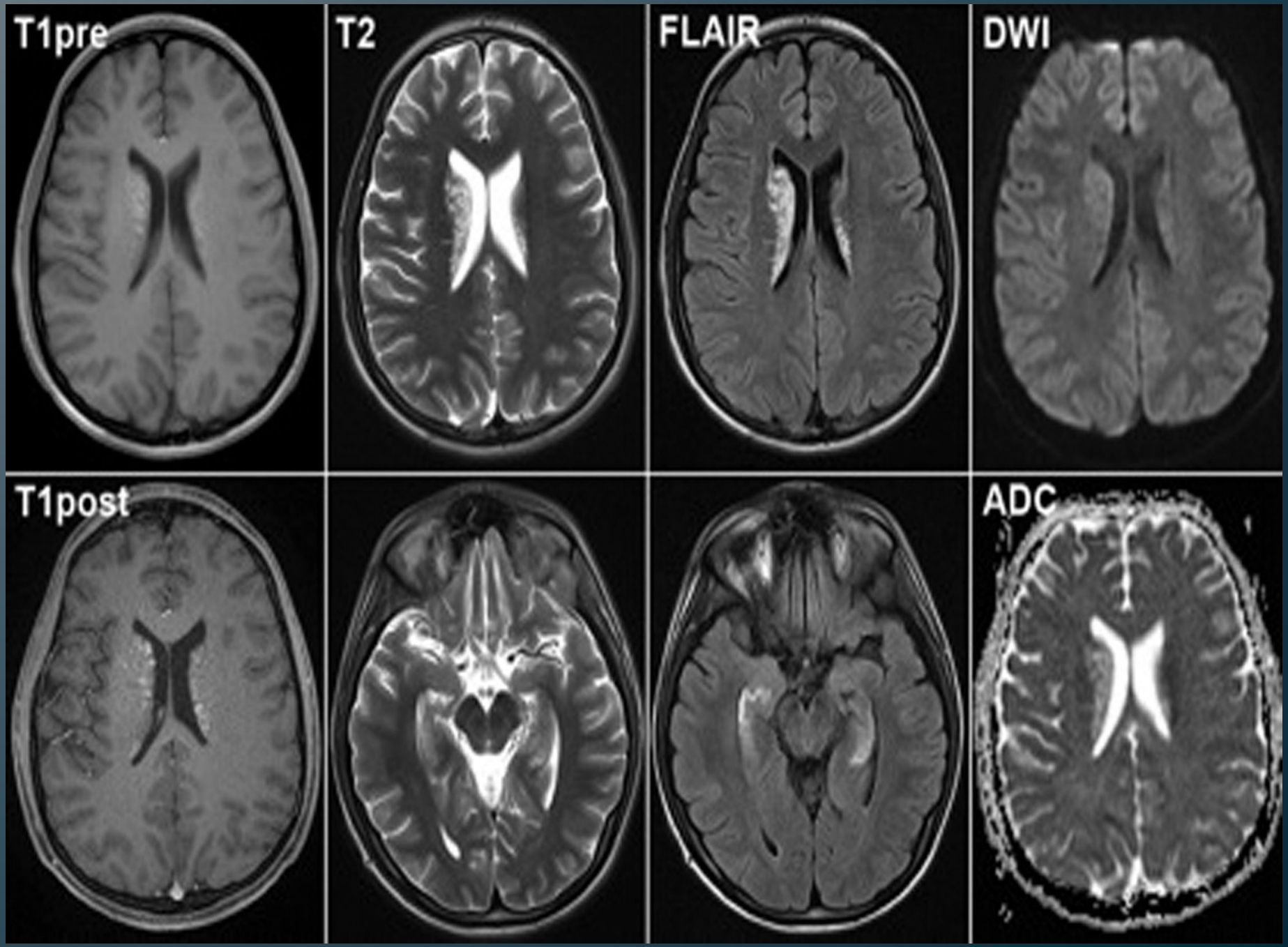
FLAIR последовательность полезна при следующих заболеваниях центральной нервной системы :

- **инфаркт**
- **рассеянный склероз**
- **субарахноидальное кровоизлияние**
- **черепно-мозговая травма**

Постконтрастные FLAIR изображения включены в протоколы для оценки лептоменингеальных заболеваний, например, таких как менингит .




T1
T2
FLAIR


T1pre
T2
FLAIR
DWI
T1post
ADC

STIR | инверсия - восстановление спинового эха | short tau inversion recovery

Последовательность STIR, так же называемая инверсией-восстановление с коротким T1, представляет собой
метод подавления сигнала с временем инверсии TI = T1 ln2 при котором сигнал от жировой ткани равен нулю. В магнитном поле при 1,5T это соответствует примерно 140 мс.

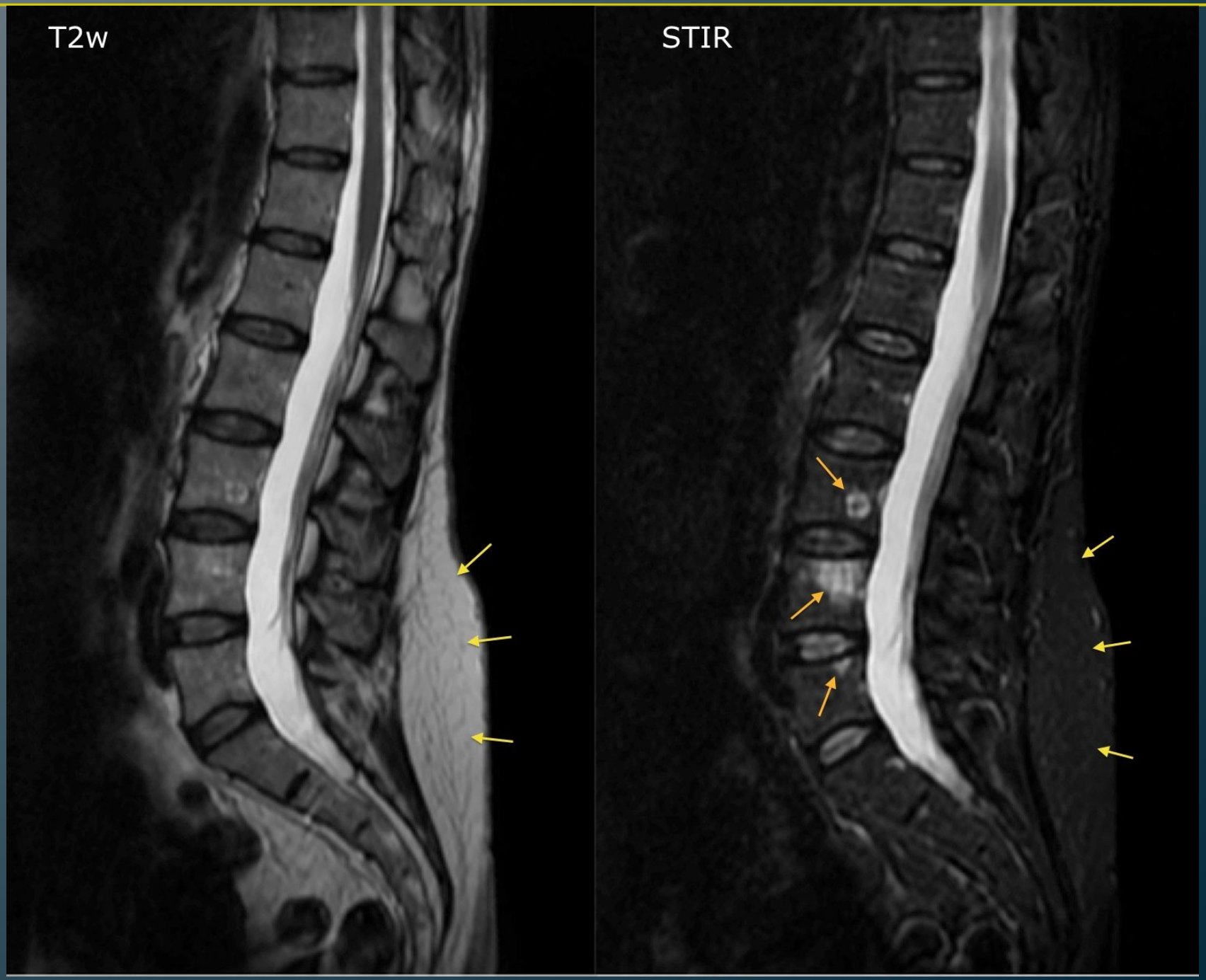
Параметры:

TR: >2000

TE: >60

flip angle: 180 -> 90 градусов

inversion time (TI): 120-170

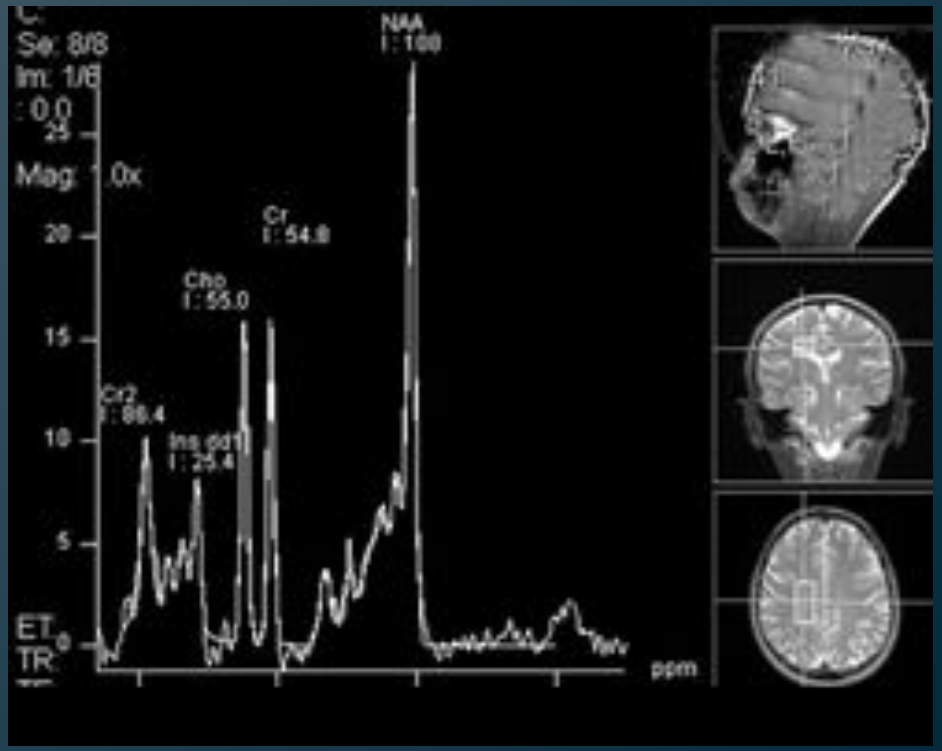

T2w
STIR

Магнитно-резонансная спектроскопия (МР-спектроскопия)

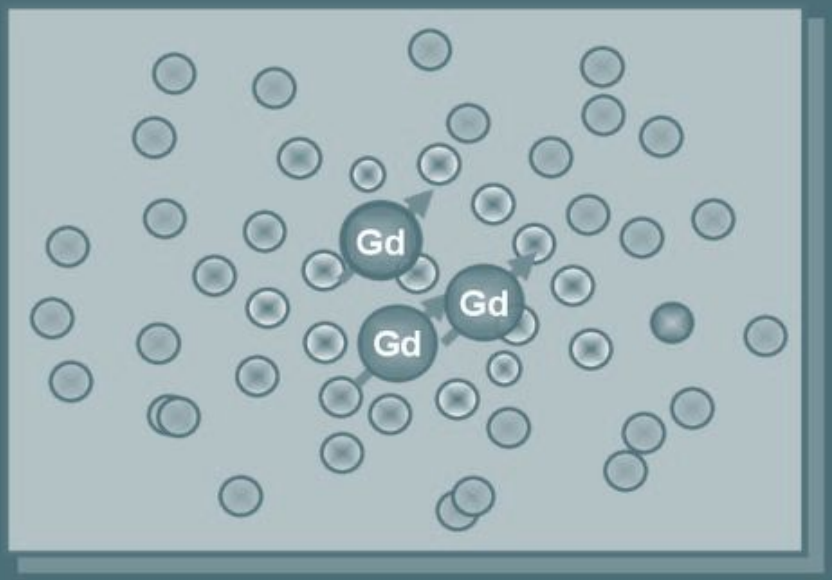
- метод измерения количества и степени распространения метаболитов в головном мозге. Данный метод позволяет отобразить в графическом виде различия в химическом составе метаболитов. Протонная 1Н-МР-спектроскопия основана на «химическом сдвиге» - изменении резонансной частоты протонов, входящих в состав различных химических соединений.

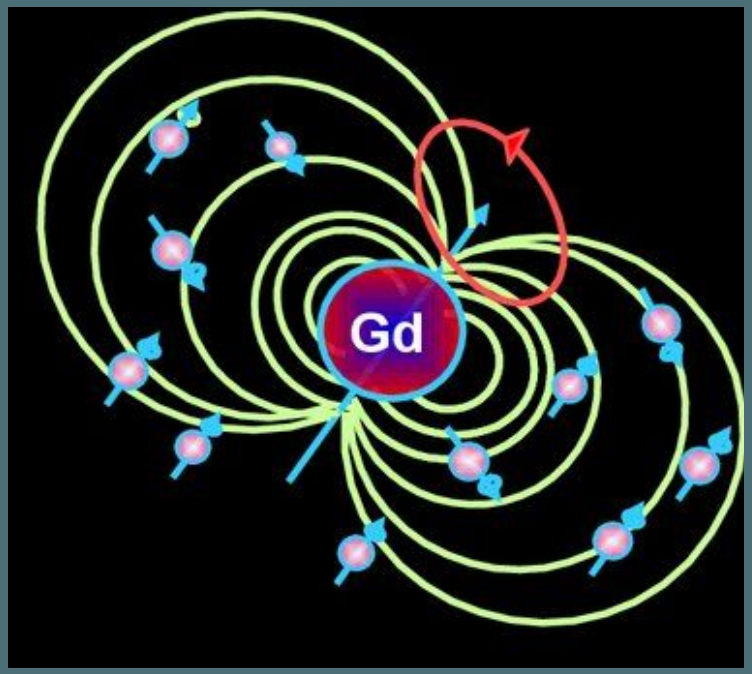
Единица измерения «химического сдвига» - миллионная доля (ppt). Приводим основные метаболиты и соответствующие им значения химического сдвига, пики которых определяются *in vivo* в протонном МР-спектре:

- **NAA - N-ацетиласпартат (2,0 ppt);**
- **Cho - холин (3,2 ppt);**
- **Cr - креатин (3,03 и 3,94 ppt);**
- **mI - миоинозитол (3,56 ppt);**
- **Glx - глутамат и глутамин (2,1-2,5 ppt);**
- **Lac - лактат (1,32 ppt);**
- **Lip - липидный комплекс (0,8-1,2 ppt).**



Искусственное контрастирование





Гадолиний (Gd^{3+}) - металл парамагнетик
Хелаты гадолиния – нетоксичны

Контрастный препарат накапливается в зонах повышенного кровотока, а также внеклеточно при поврежденном гемато-тканевом барьере

МР-контрастные препараты

- Несмотря на то, что МРТ обладает высокой мягко-тканной контрастностью точность диагностики и характеризации гиперваскулярных процессов (опухоли, воспаление, сосудистые мальформации) может быть существенно повышена при использовании внутривенного контрастного усиления. Более того, многие патологические процессы, вовлекающие ткани головного мозга, не выявляются без внутривенного контрастирования.
- Основой для создания МР-контрастных препаратов стал редкоземельный металл гадолиний. В чистом виде данный металл обладает высокой токсичностью, однако в форме хелата становится практически безопасным (в т.ч. отсутствует нефротоксичность). Побочные реакции возникают крайне редко (менее 1% случаев) и обычно имеют легкую степень выраженности (тошнота, головная боль, жжение в месте инъекции, парестезии, головокружение, сыпь). При почечной недостаточности частота побочных эффектов не увеличивается. Введение МР-контрастных препаратов при беременности не рекомендуется, т.к. неизвестна скорость клиренса из амниотической жидкости.

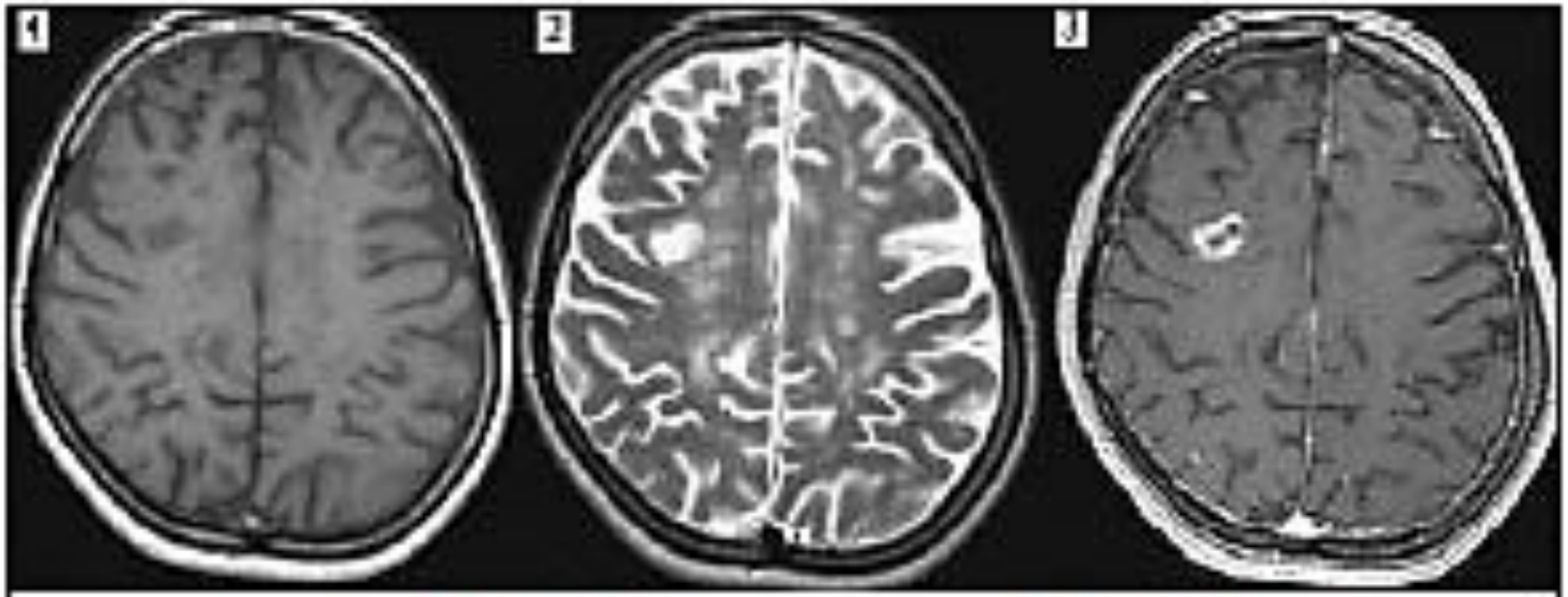


Рис. 2. МРТ головного мозга больной З.М.Ю.
1 – нативное Т1-ВИ, 2 – Т2-ВИ, 3 – Т1-ВИ,
контрастирование гадолинием

Противопоказания

Абсолютные противопоказания к исследованию – состояния, при которых его проведение создает угрожающую для жизни больного ситуацию(наличие электронно-механических устройств в теле (кардиостимуляторов), пациенты с наличием металлических клипс на артериях головного мозга.

Относительные противопоказания – это состояния, которые могут создавать определенные опасности и трудности при проведении МРТ (наличие кровоостанавливающих скобок, зажимов и клипс прочей локализации, декомпенсации

ПОЗИТРОННО-ЭМИССИОННАЯ ТОМОГРАФИЯ

(двухфотонная эмиссионная томография) — радионуклидный томографический метод исследования внутренних органов человека или животного.

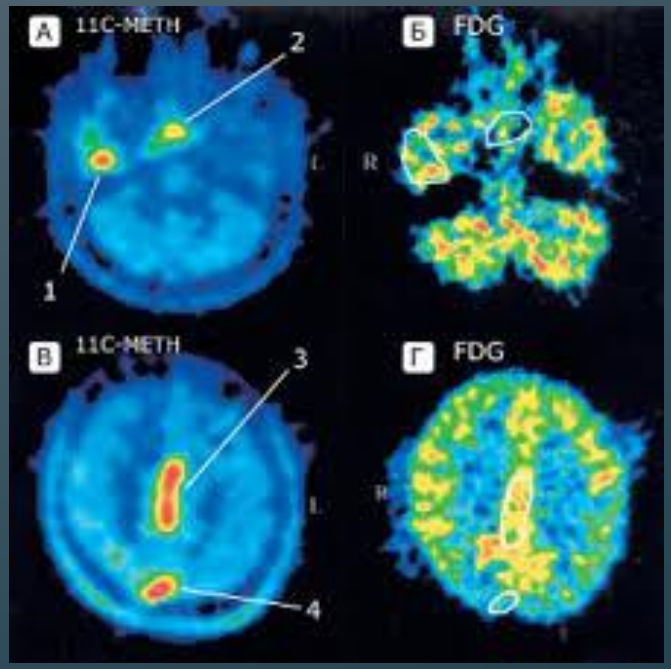
Метод основан на регистрации пары гамма-квантов, возникающих при аннигиляции позитронов с электронами.

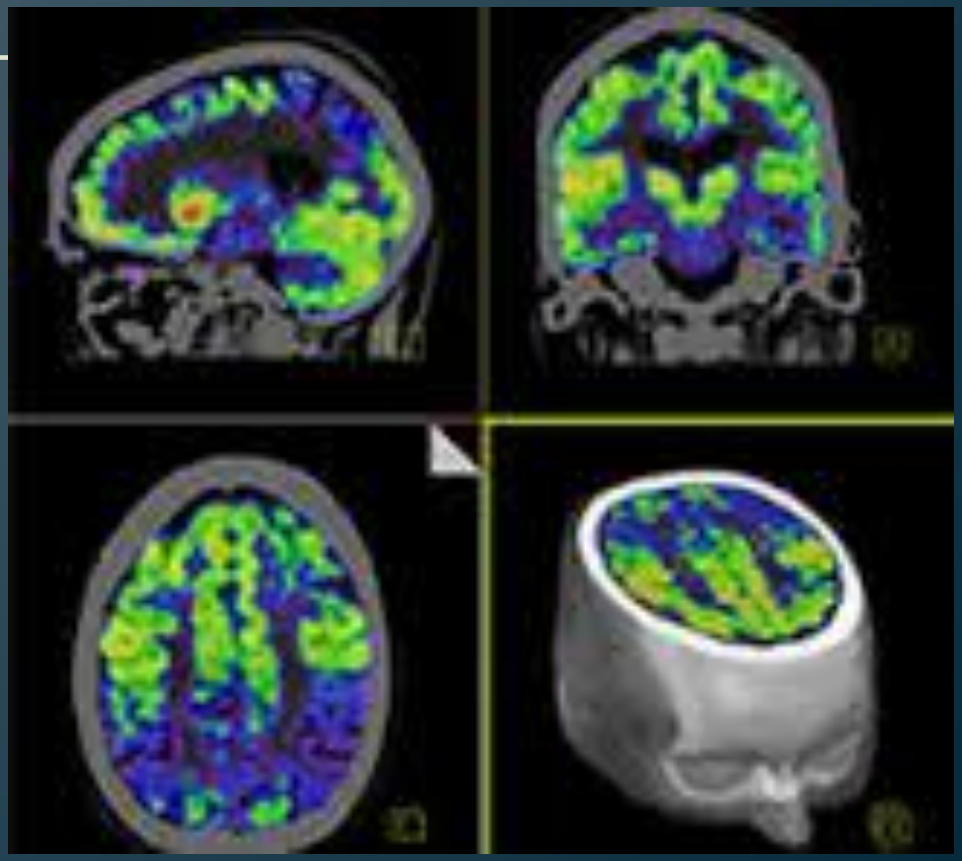
В основе этого метода лежит возможность при помощи специального детектирующего оборудования (ПЭТ-сканера) отслеживать распределение в организме биологически активных соединений, меченных позитрон-излучающими радиоизотопами.

Потенциал ПЭТ в значительной степени определяется арсеналом доступных меченых соединений — радиофармпрепаратов (РФП).

На сегодняшний день в ПЭТ в основном применяются позитрон-излучающие изотопы элементов второго периода периодической системы:

- углерод-11 ($T_{1/2}$= 20,4 мин.)
- азот-13 ($T_{1/2}$=9,96 мин.)
- кислород-15 ($T_{1/2}$=2,03 мин
- фтор-18 ($T_{1/2}$=109,8 мин.)





- **ПЭТ в неврологии применяется при:**

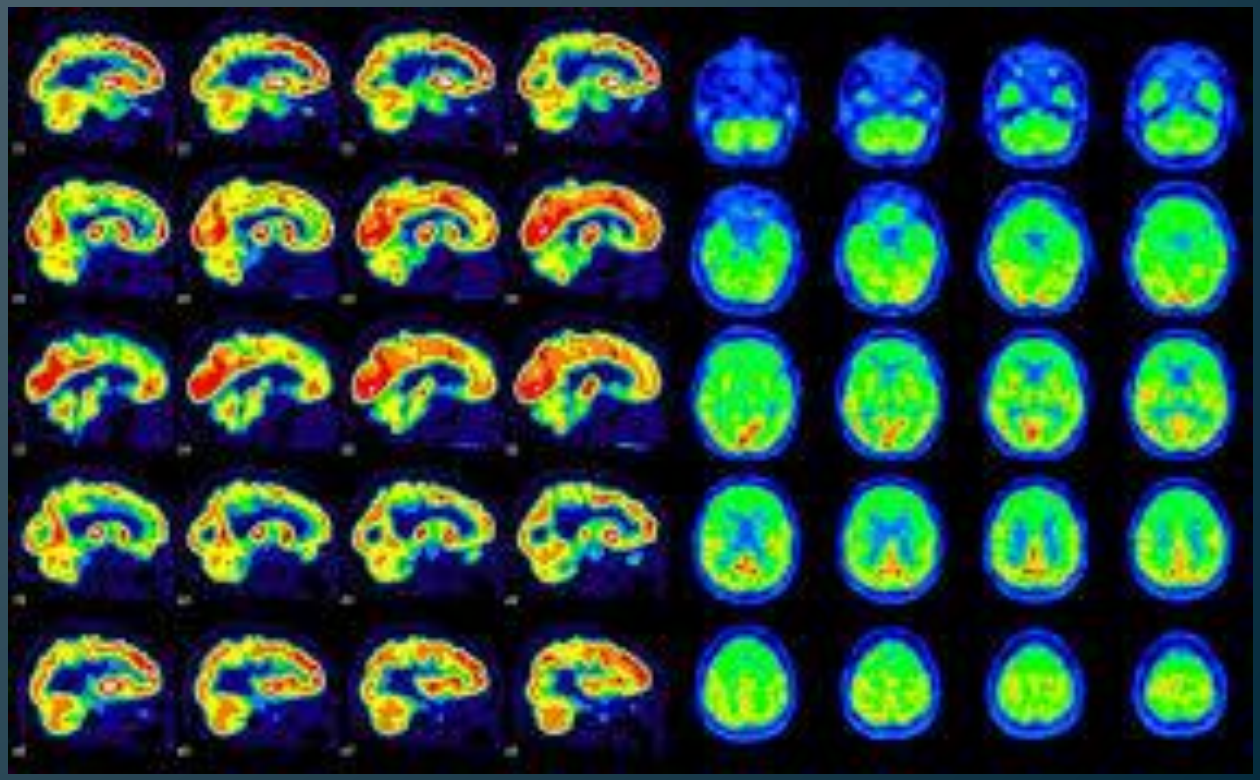
Сосудистых заболеваниях головного мозга

Черепно-мозговой травме

Эпилепсии

Деменции

Опухолях мозга



Нормальная анатомия

КТ

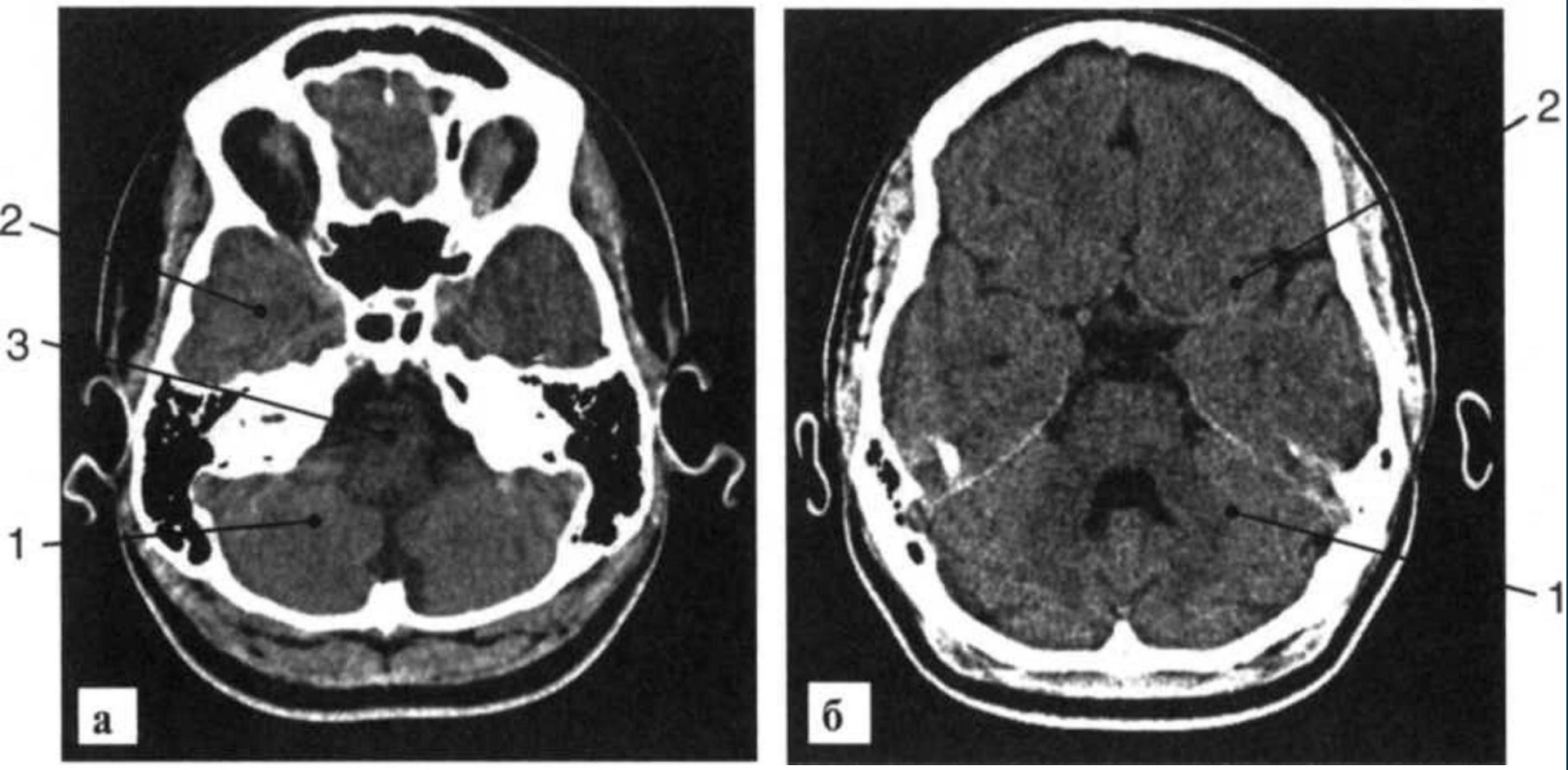
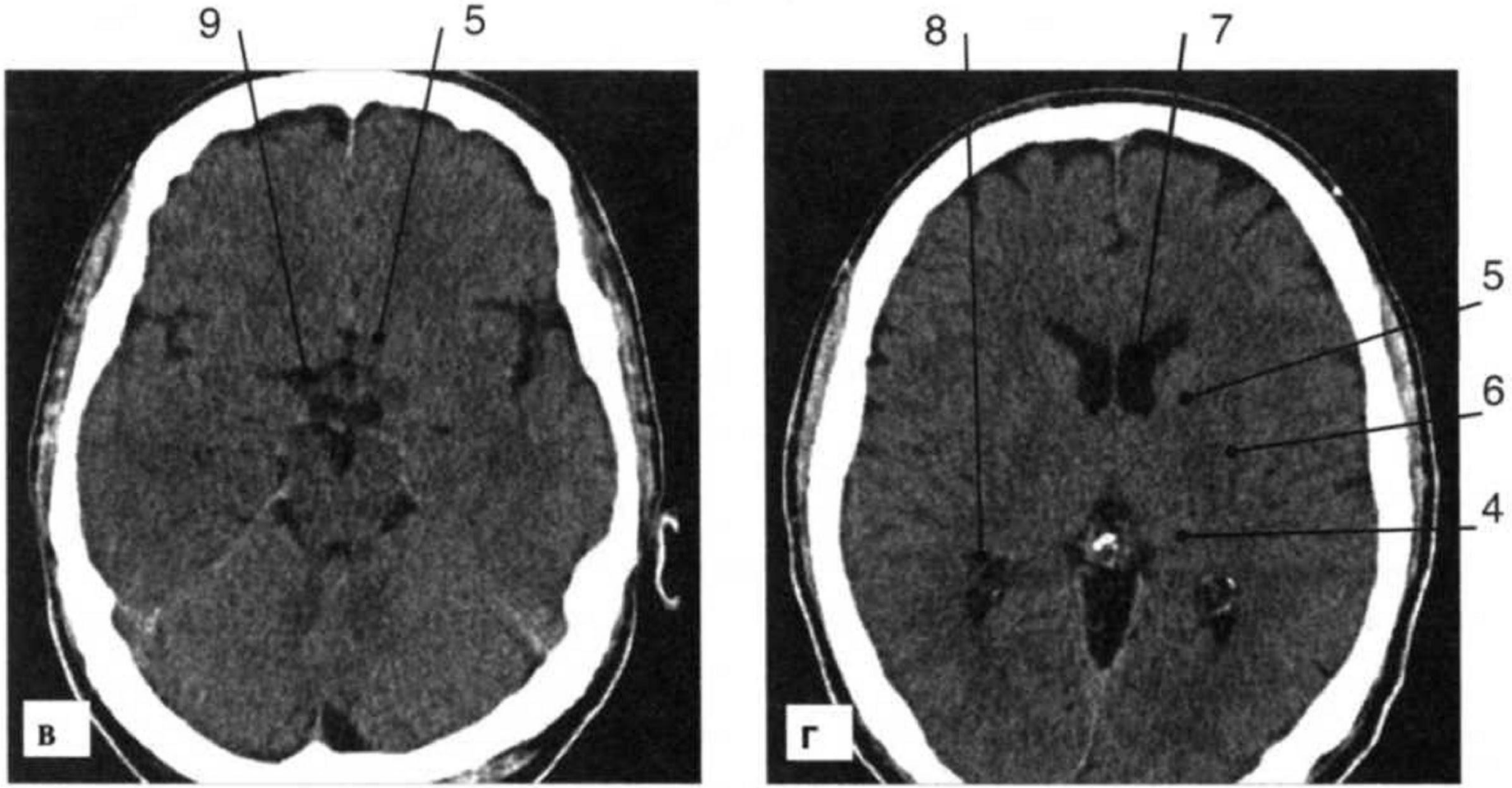
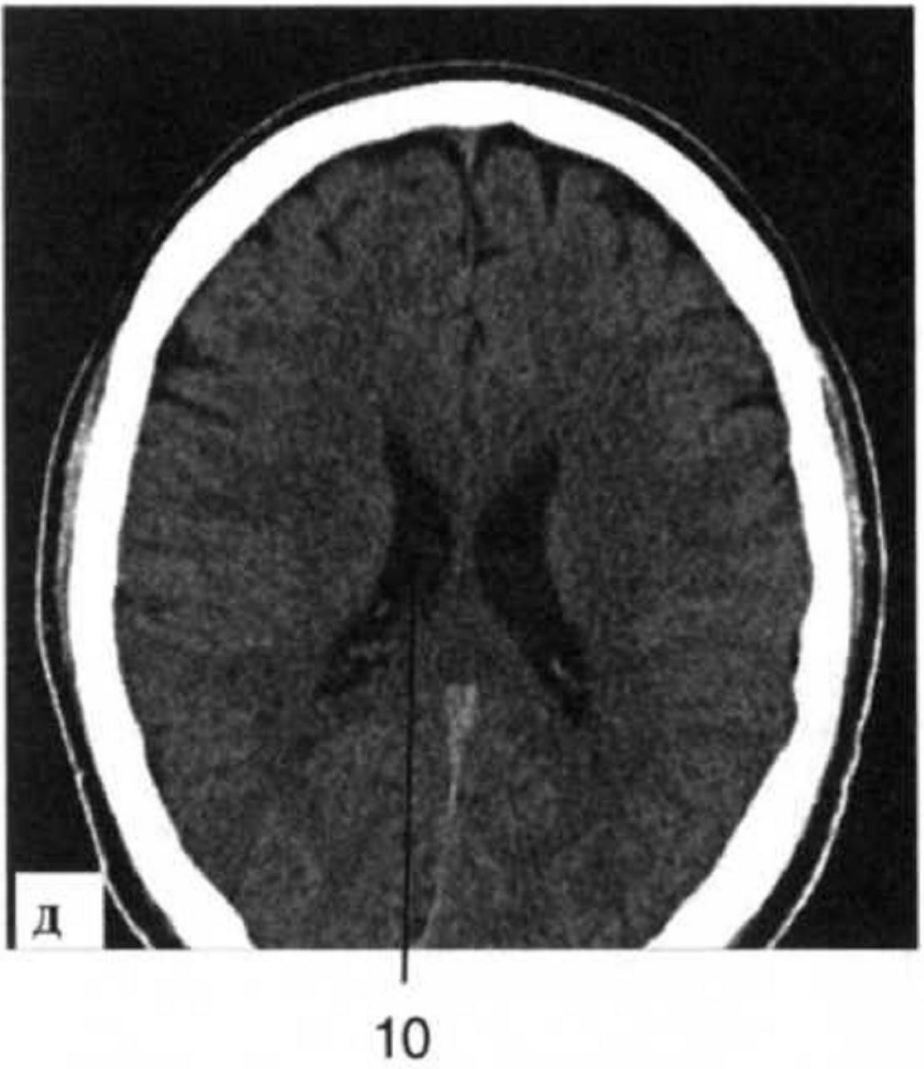
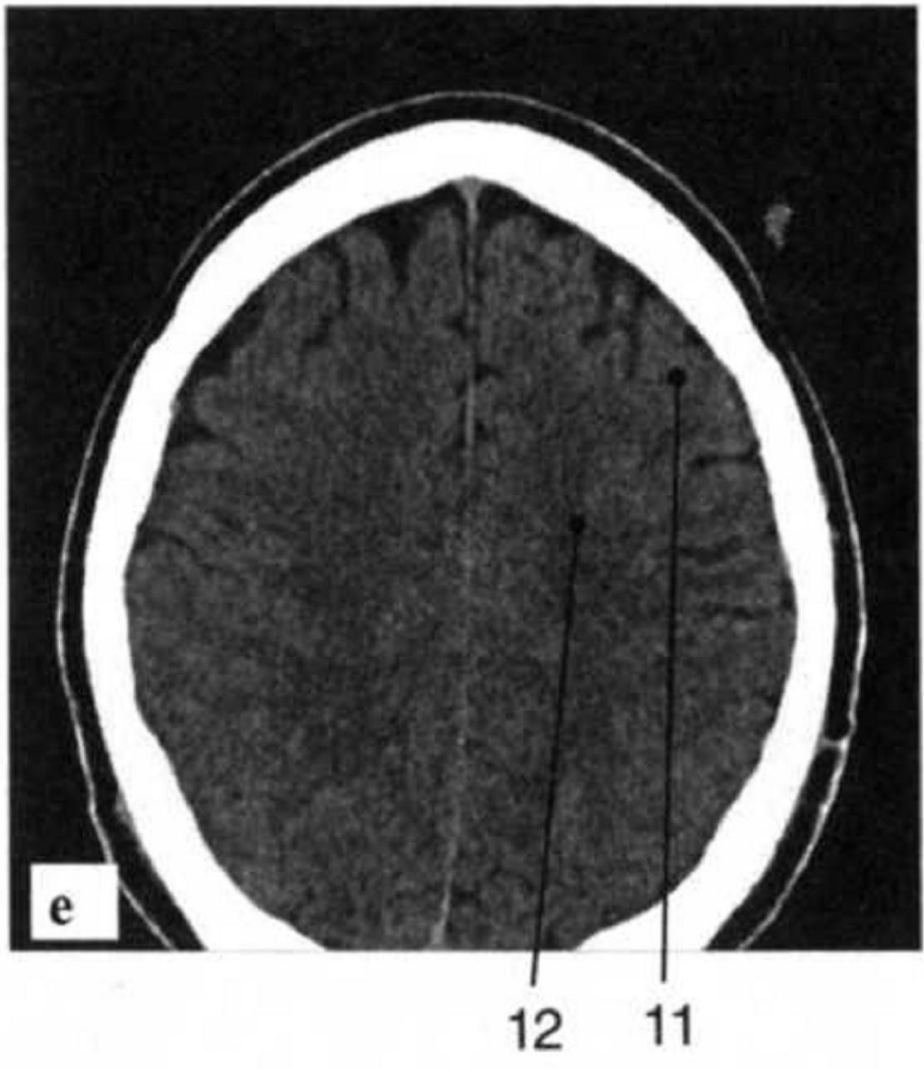


Рис. **4-1.** КТ головного мозга. Норма:
1 — мозжечок; 2 — височная доля; 3 — продолговатый мозг;


9
5
8
7
5
6
4
В
Г


д
10


е
12
11

4 – таламус

5 – головка хвостатого ядра

6 - Внутренняя капсула

7 – передние рога боковых желудочков

8 – задние рога боковых желудочков

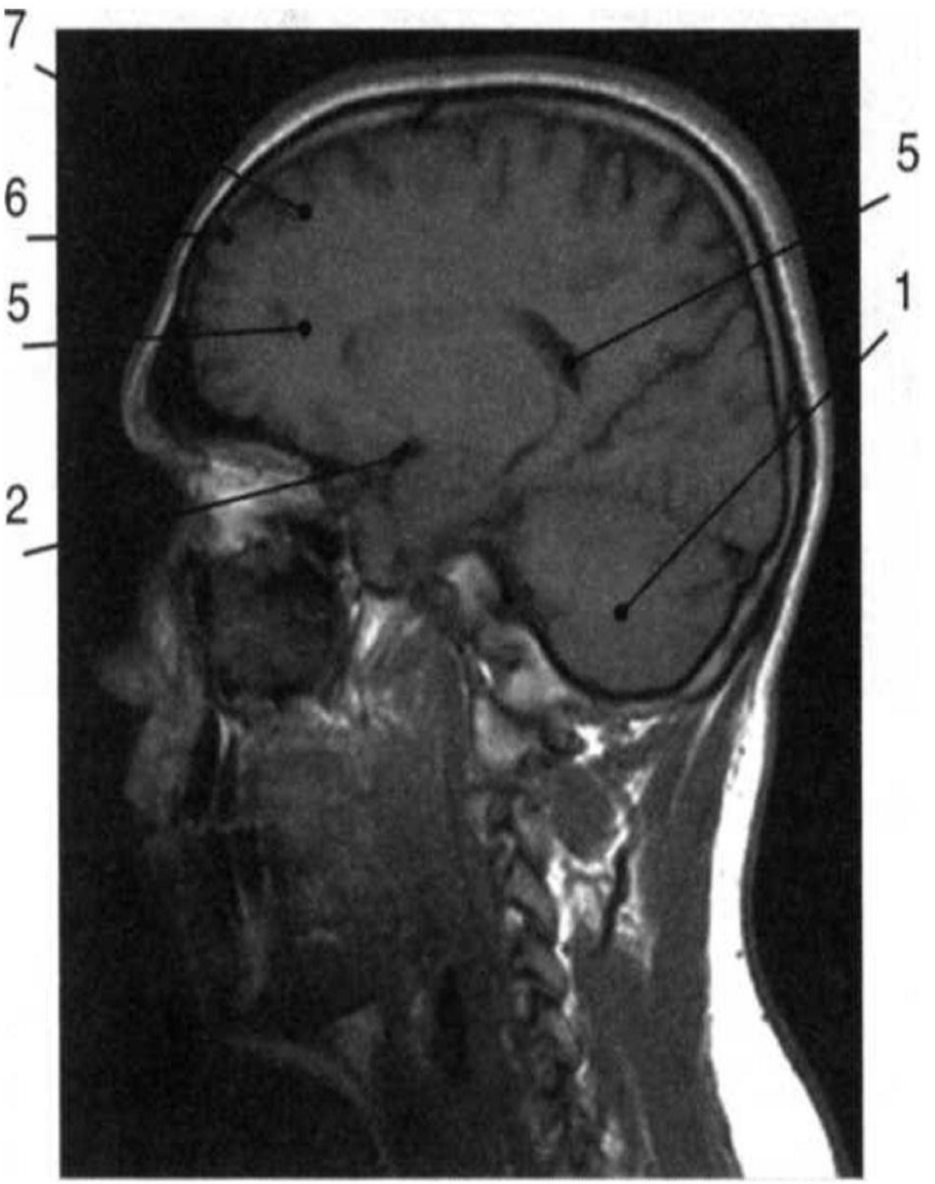
9 – 3-й желудочек

10 – тело бокового желудочка

11 – кора (серое вещество)

12 – белое вещество

МРТ ГМ в сагиттальной плоскости



1 – мозжечок

2 – височная доля

3 – продолговатый мозг

4 – 3-й желудочек

5 – тело бокового желудочка

6 – кора (серое вещество)

7 – белое вещество

8 – гипофиз

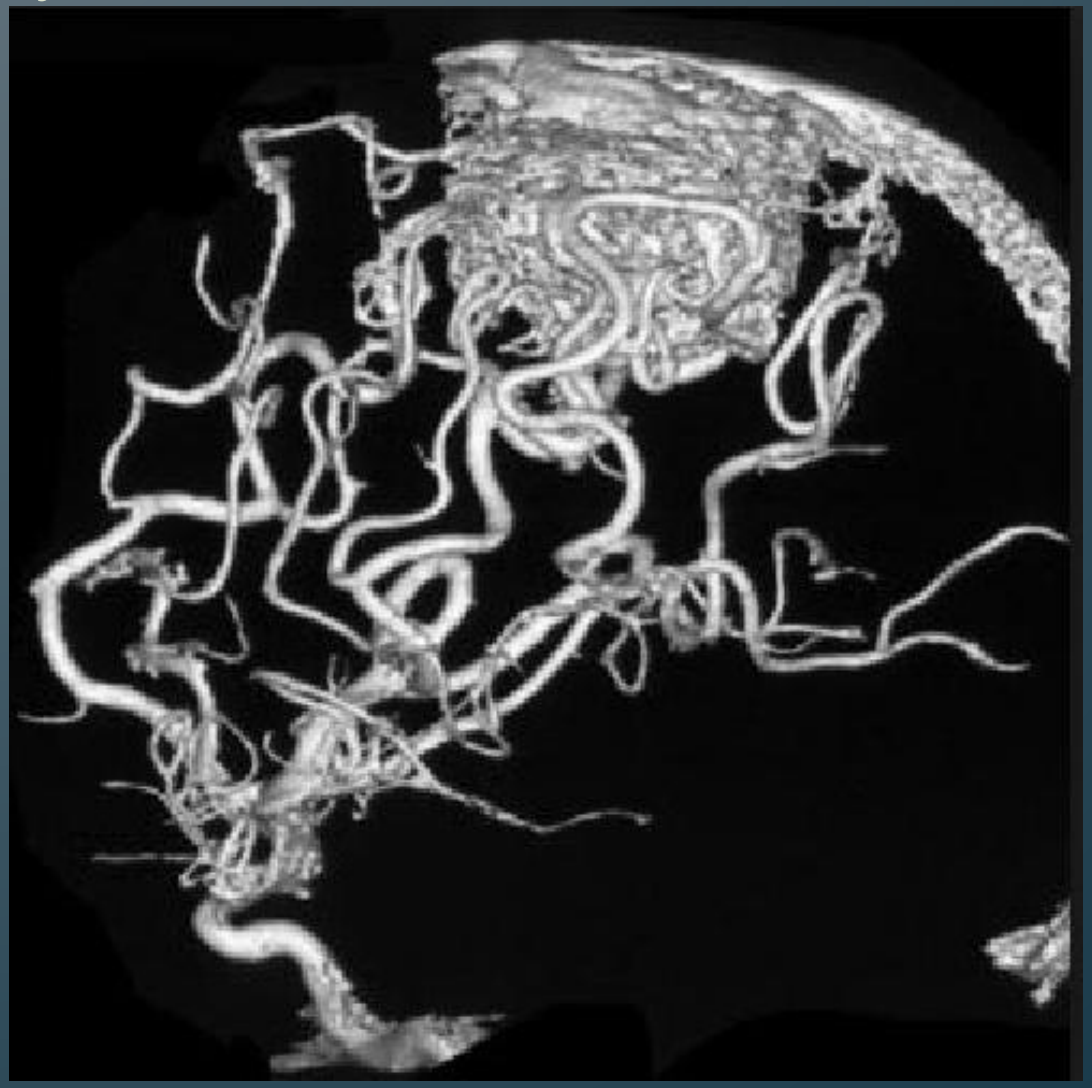
9 – 4-й желудочек

10 – мост

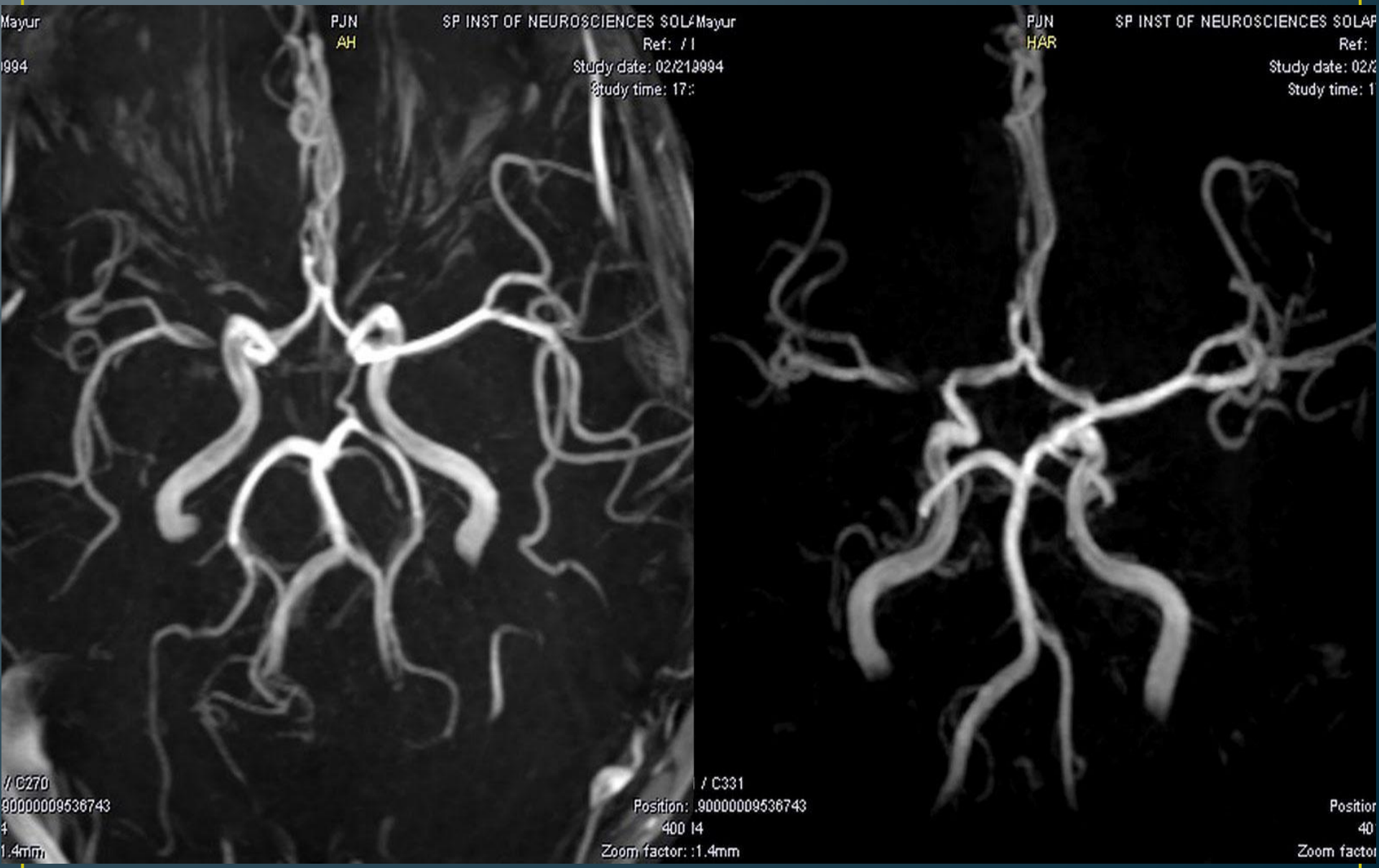
11 – мозолистое тело

12 - хиазма

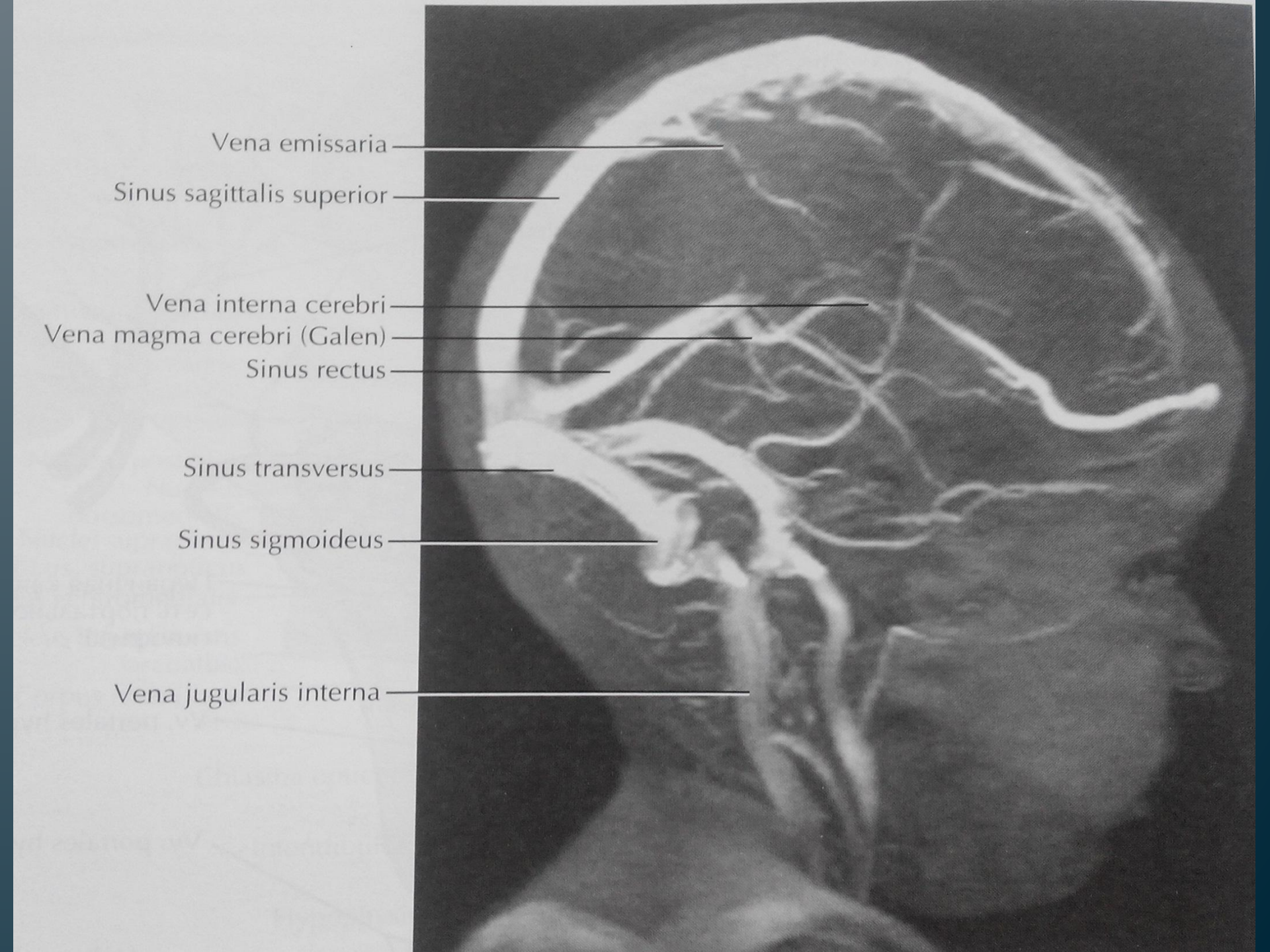
Сосуды ГМ можно изучать с помощью традиционной ангиографии, КТ-ангиографии, МР-ангиографии и дуплексного УЗИ.



МРТ-ангиография

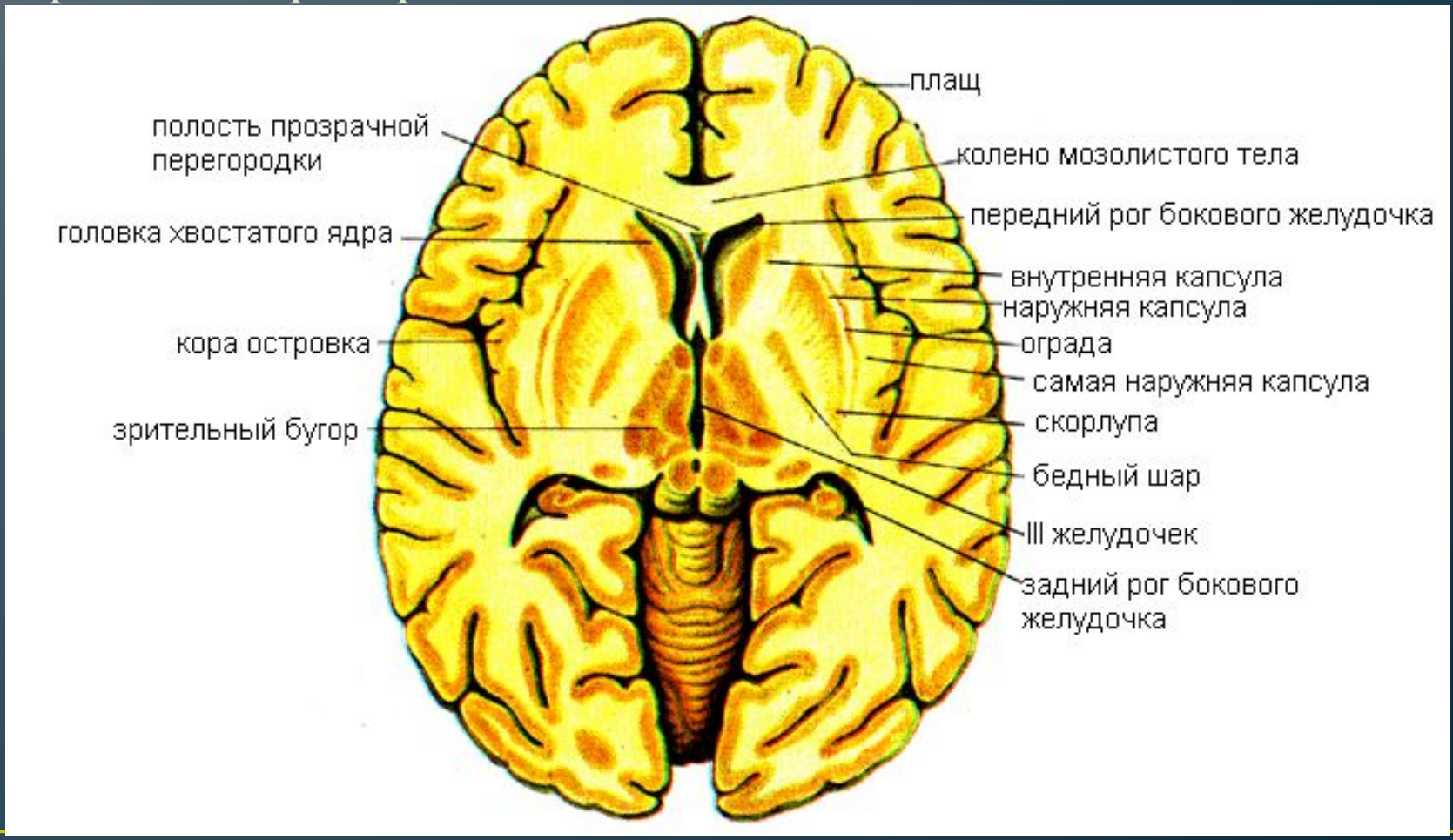


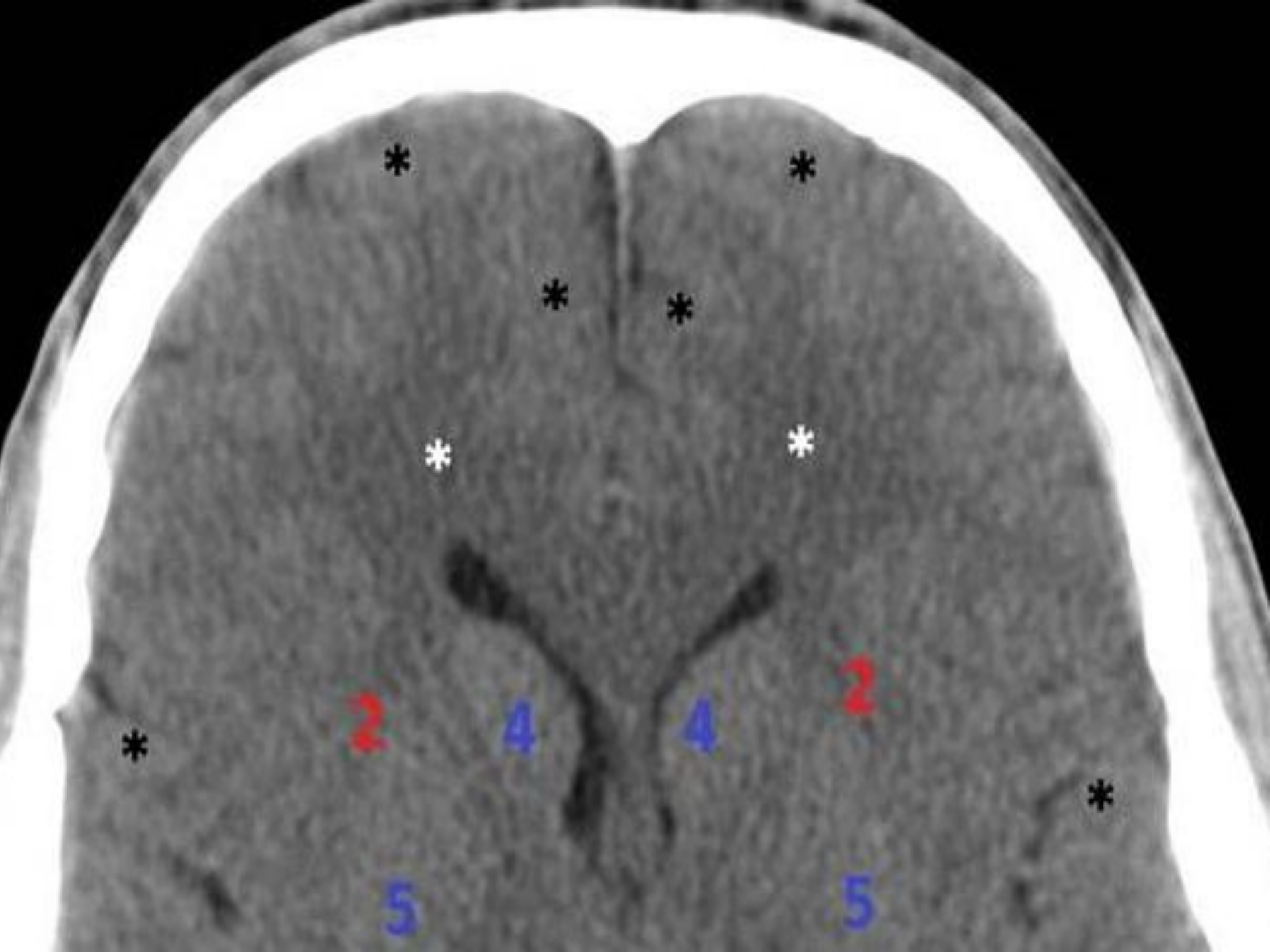
Arteria cerebri anterior
Arteria communicans anterior
Arteria cerebri media
Arteria communicans posterior
Arteria cerebri posterior
Arteria basilaris
Arteria carotis interna
Arteria vertebralis

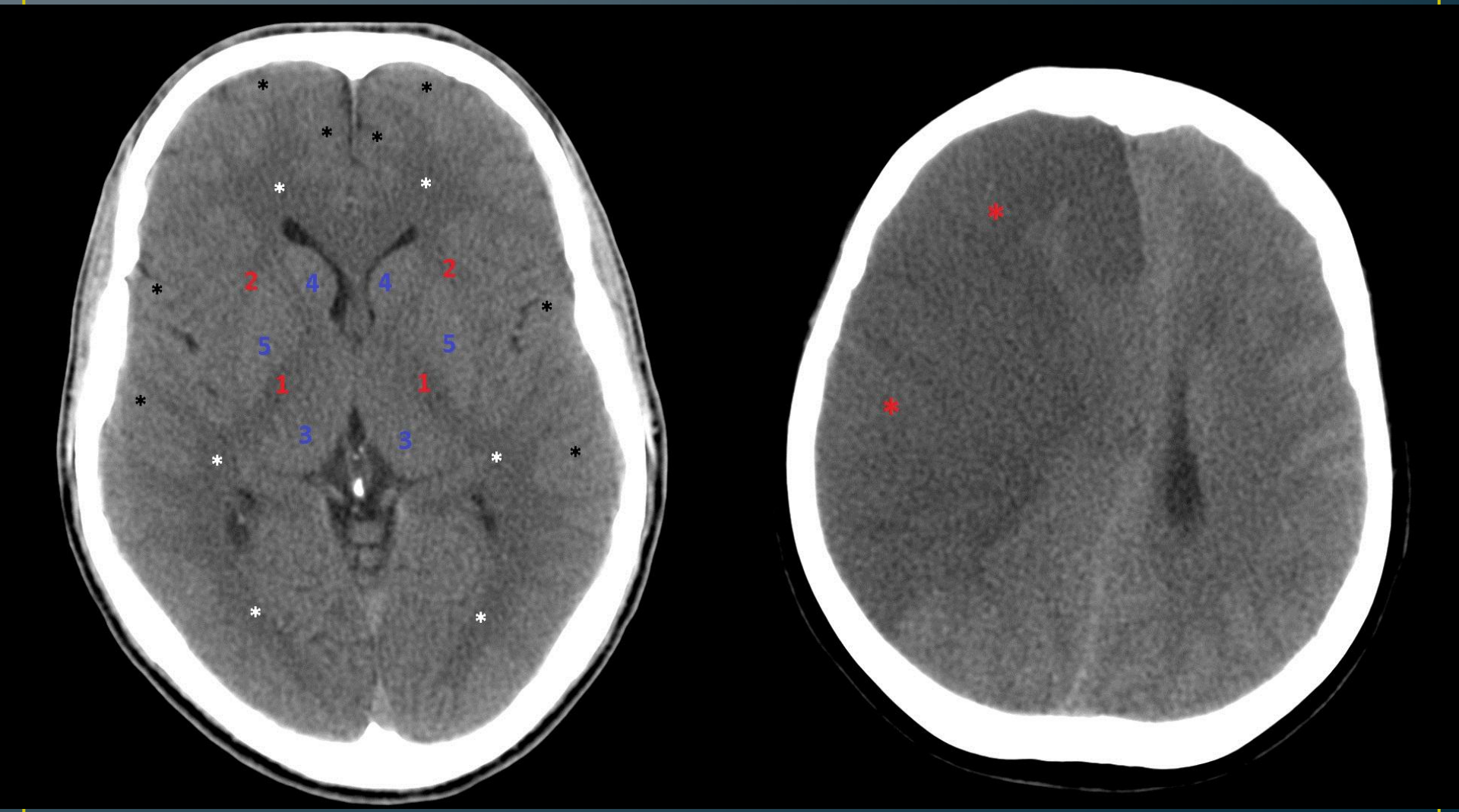

Vena emissaria
Sinus sagittalis superior
Vena interna cerebri
Vena magma cerebri (Galen)
Sinus rectus
Sinus transversus
Sinus sigmoideus
Vena jugularis interna

МРТ – высокочувствительная методика в диагностике внутричерепной патологии. Исключение составляет **острое кровоизлияние**, когда рекомендуется проведение **КТ**. По прошествии 3-х суток МРТ-визуализация очага кровоизлияния становится более эффективной, чем при КТ (за счет превращения гемоглобина).

Чувствительность МРТ к градации мягкотканой плотности позволяет дифференцировать **серое и белое вещество** ГМ, видеть **кору** и **подкорковые ядра**. Во многих случаях при использовании МРТ нет необходимости в применении контрастных препаратов.




2
4
4
2
5
5


2
4
4
2
5
5
1
1
3
3

- КТ головного мозга - в норме (слева) и при инсульте (справа): если на левом скане четко дифференцируется серое (отмеченное черными звездочками) и белое (отмеченное белыми звездочками) вещество, то на правом такая картина не прослеживается – инсульт на КТ выглядит как однородный гиподенсный участок с нарушенной дифференцировкой серого и белого вещества.

- Цифрами 1 и 2 отмечена внутренняя и наружная капсула, цифрами 3, 4 и 5 – соответственно таламус, лентикулярное ядро и скорлупа.

- КТ головного мозга - представлен еще один специфический КТ-признак инсульта – **синдром гиперденсивной СМА** (средней мозговой артерии). Визуализируется в виде высокоплотной «веточки» на фоне выраженного отека мозга (цитотоксического характера).

- **Признак сверхплотной СМА** относится к **ранним КТ признакам инсульта**. Он считается условно (однако не обязательно) связанным с плохим исходом.

- Проявляется повышением плотности проксимальных отделов СМА, и связан с тромбозом М1 сегмента СМА.

- Признак бывает виден спустя ~90 минут с момента развития ишемии, поэтому он является очень важным для распознания, поскольку укладывается в сроки для проведения тромболизиса. Чувствительность составляет 100%, специфичность - 30% .

Состояние **экстракраниальных сосудов** можно изучать с помощью методики цветового допплеровского исследования (рис. 4-3). Эта методика весьма надежна, безопасна и может применяться многократно.

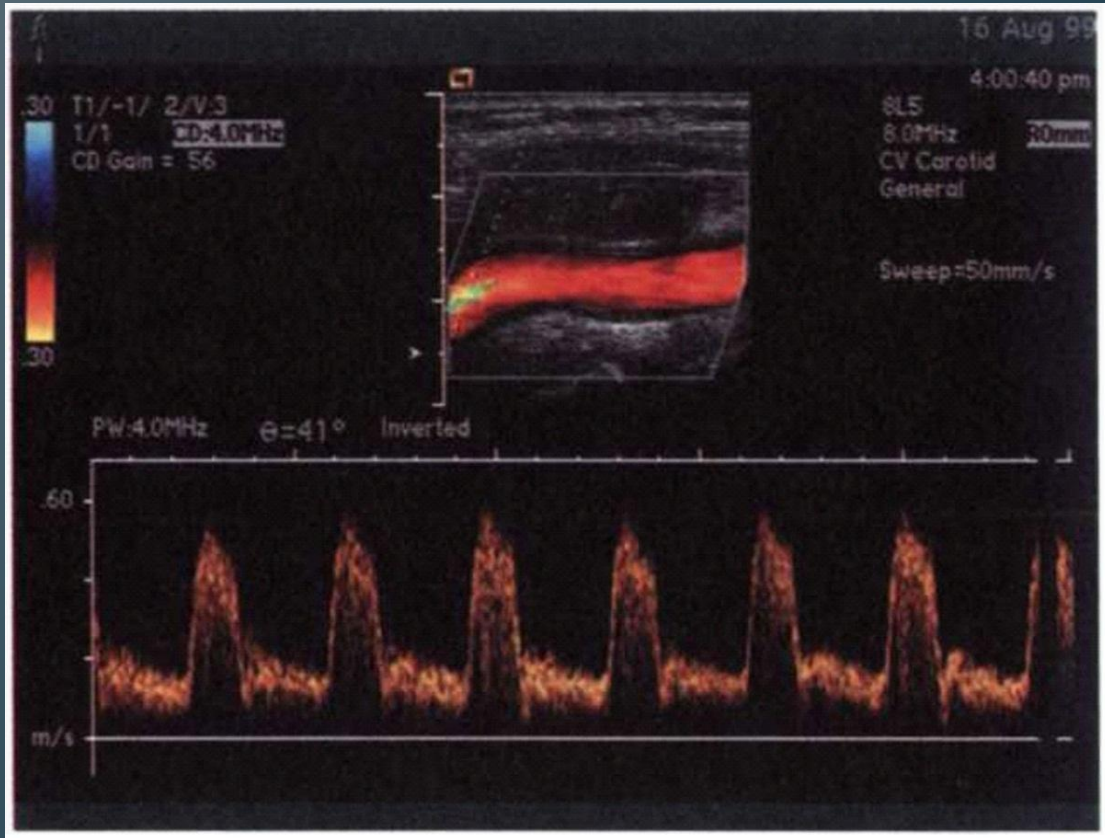


Рис. 4-3. Цветовое допплеровское исследование сонной артерии. Норма

Для оценки интра- и эсктракраниальных артерий может ипользоваться **ангиография.**

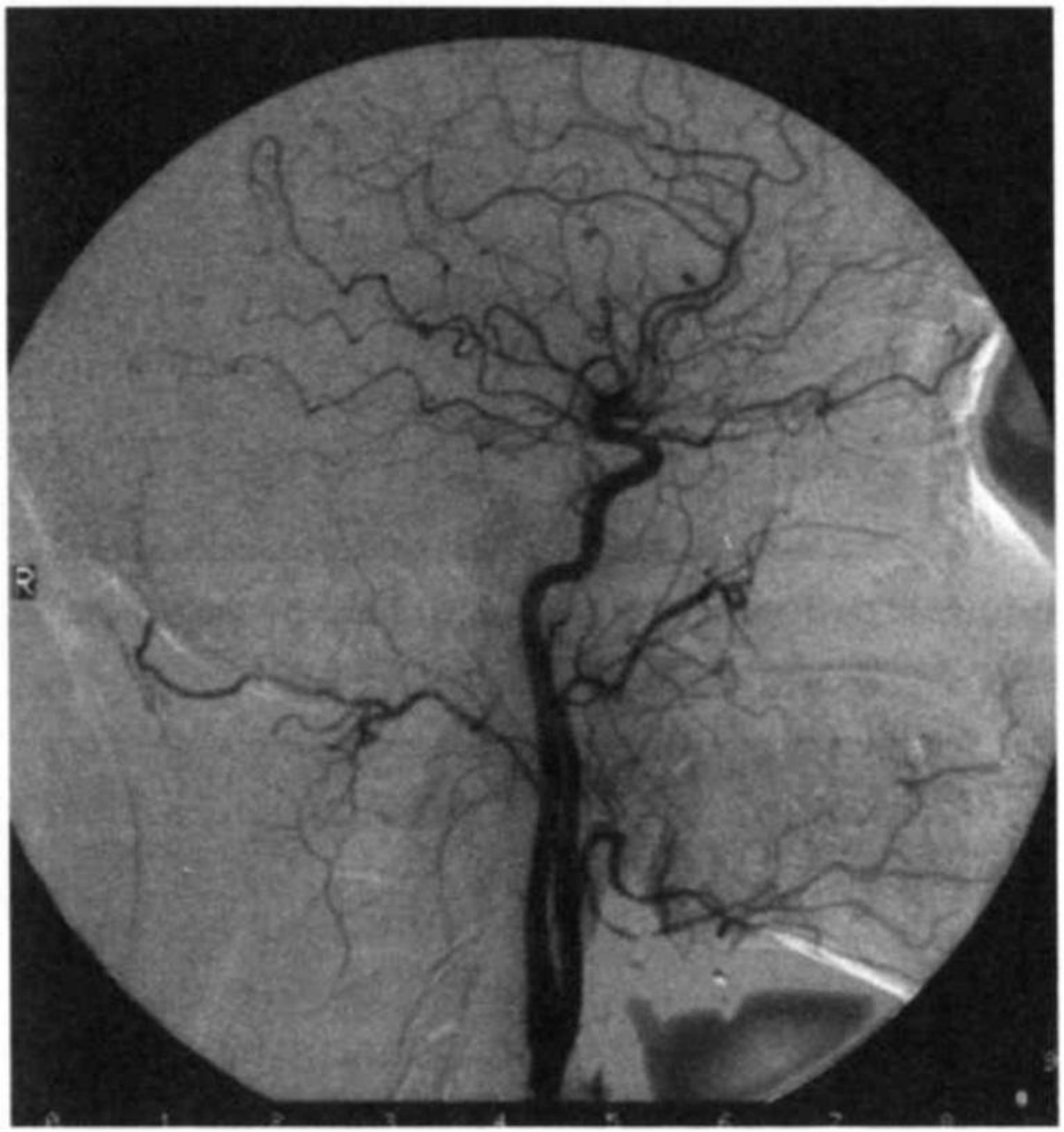
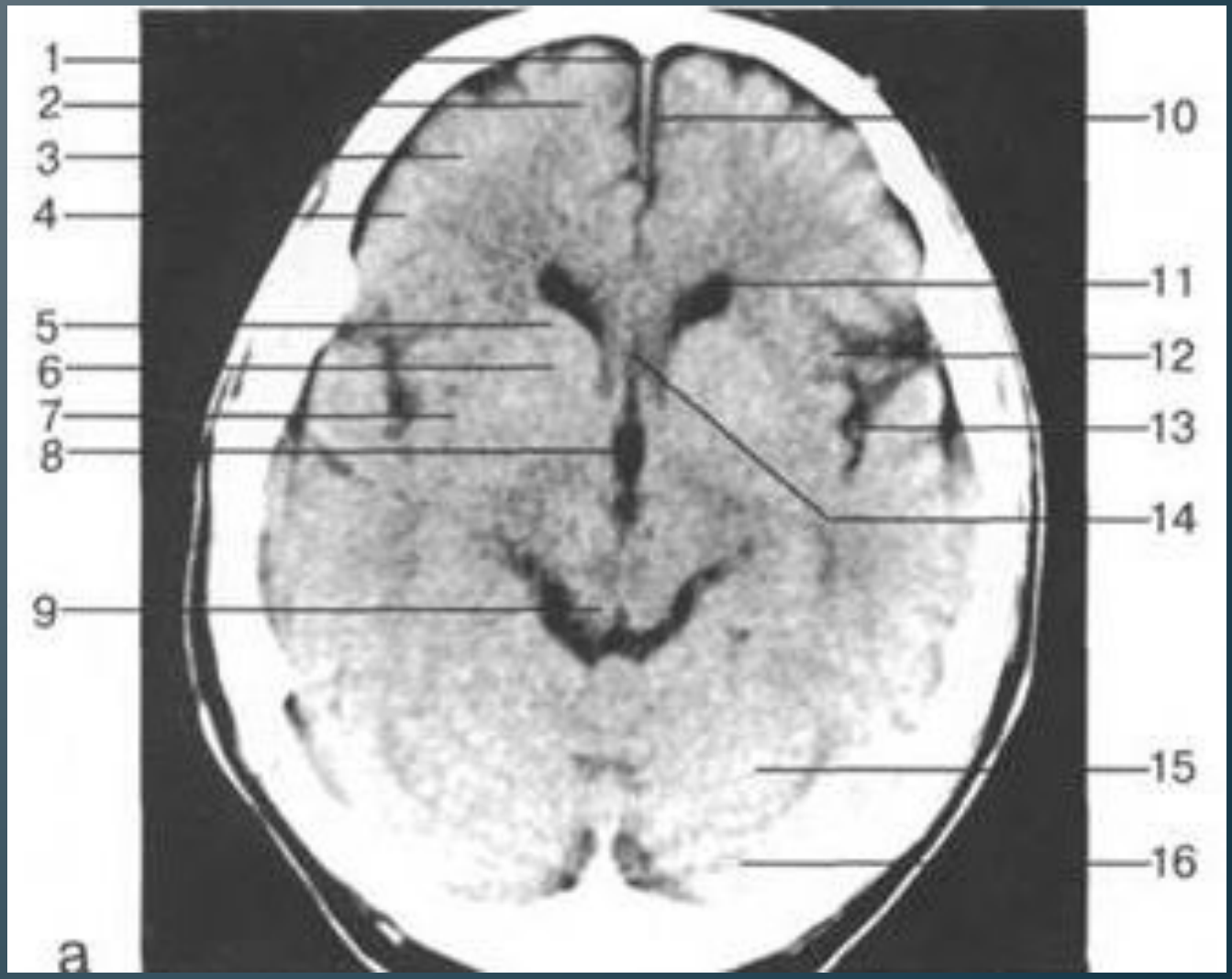


Рис. **4-4.** Ангиография сонной артерии. Норма

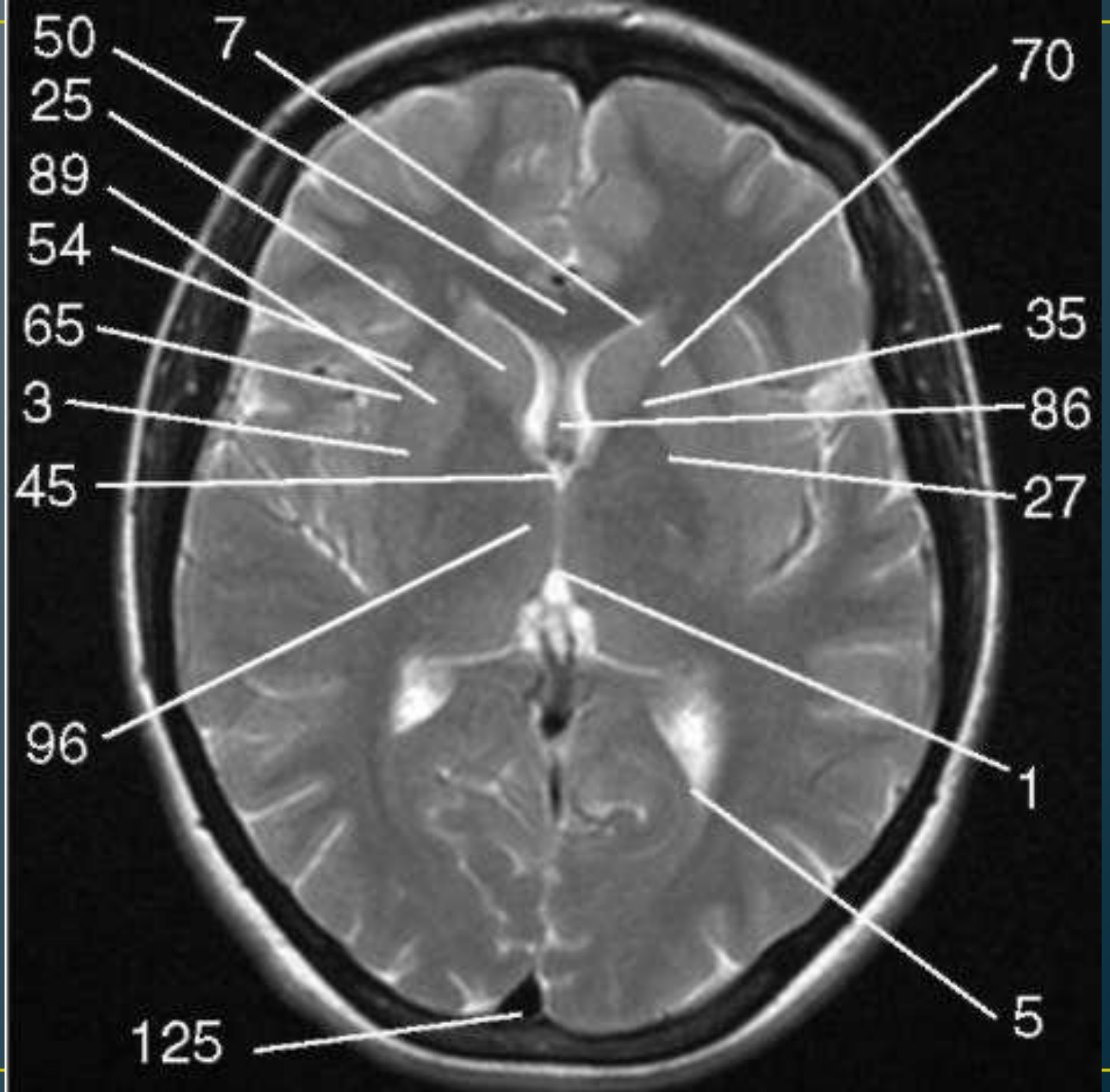
Дифференцировка базальных ядер

В норме на аксиальных срезах головного мозга можно различить базальные (подкорковые) ядра: скорлупу, лентикулярное ядро и бледный шар. Обычно они имеют четкие границы, хорошо визуализируются на фоне внутренней и наружной капсулы мозга.

Отсутствие их визуализации либо сглаженность контуров является КТ-признаком инсульта в данной зоне.



5 - головка хвостатого ядра; 6 - внутренняя капсула; 7 - наружная капсула; 8 - третий желудочек; 14 - цистерна терминальной пластинки


50
7
70
25
89
54
65
35
3
86
45
27
96
1
5
125

Выделяют:

латеральный дислокационный синдром – смещение срединных мозговых структур вправо или влево относительно средней линии,

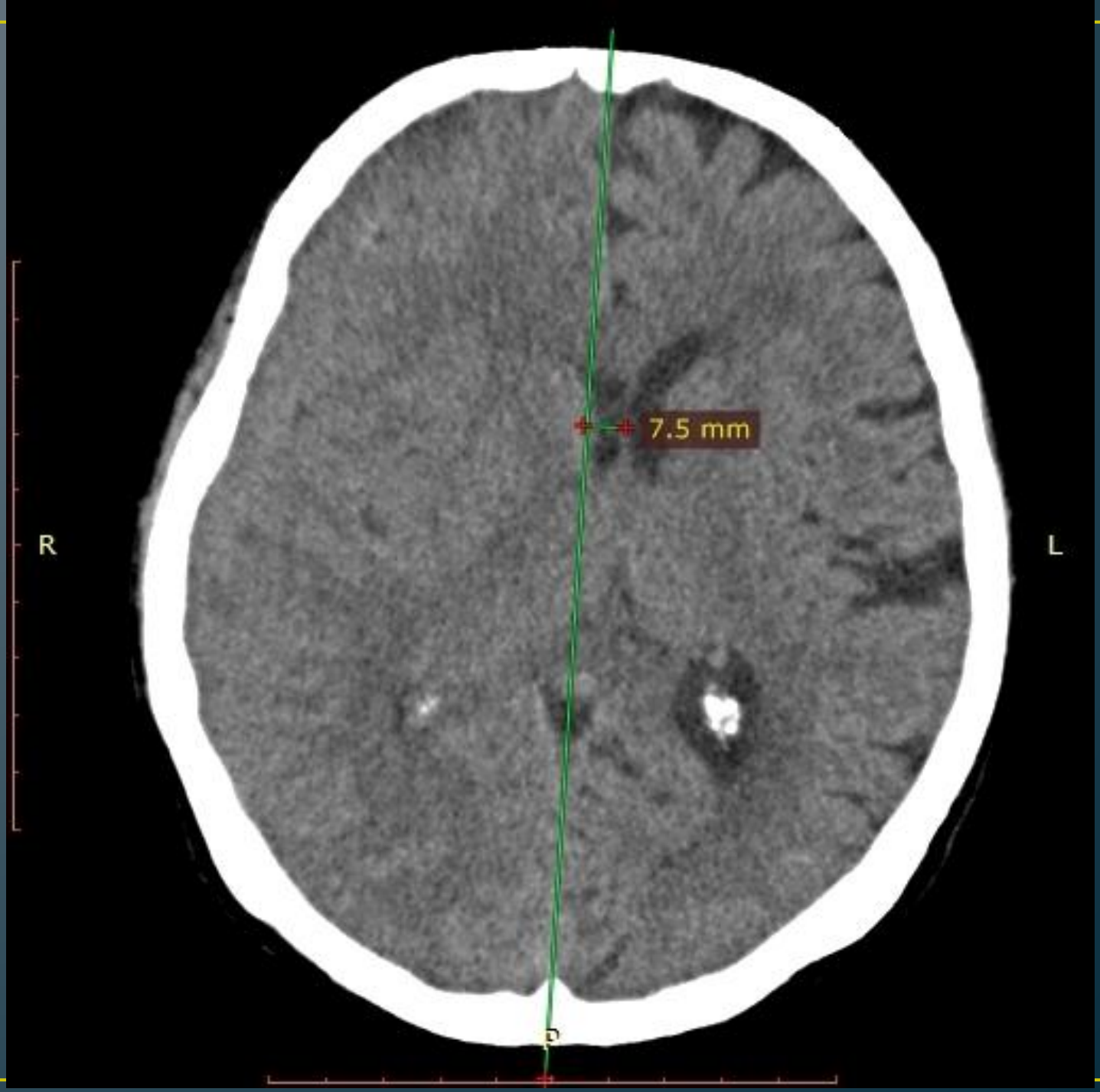
вклинение лобной доли под серп мозга,

височно-тенториальное вклинение – смещение части височной доли под намет мозжечка,

мозжечково-тенториальное вклинение – смещение мозжечка выше намета,

вклинение миндалин мозжечка в большое отверстие затылочной кости,

наружное вклинение мозга (при наличии трепанационного отверстия).


7.5 mm
R
L

20 mm
*
*
*

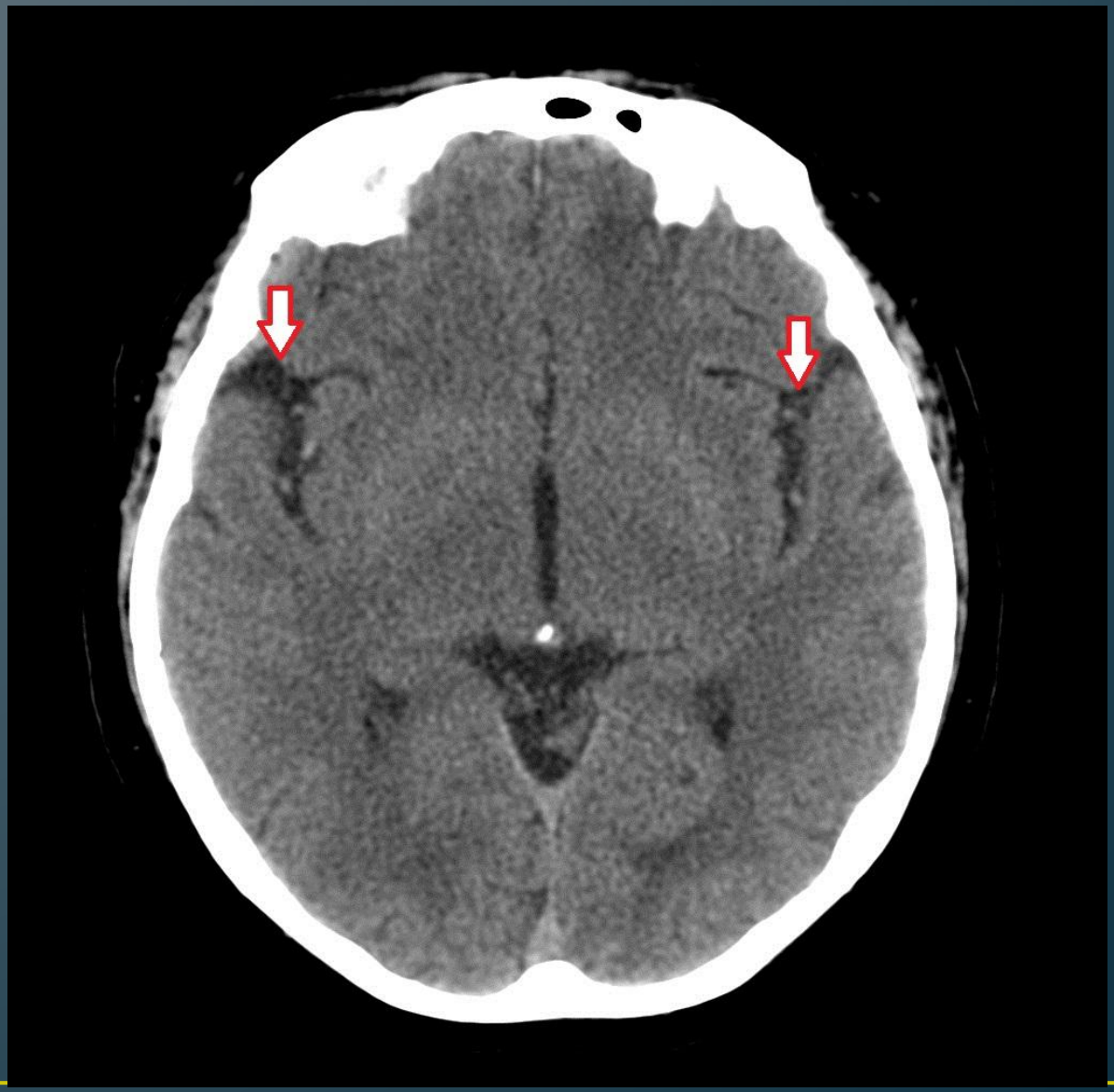
Субарахноидальные ликворные простанства

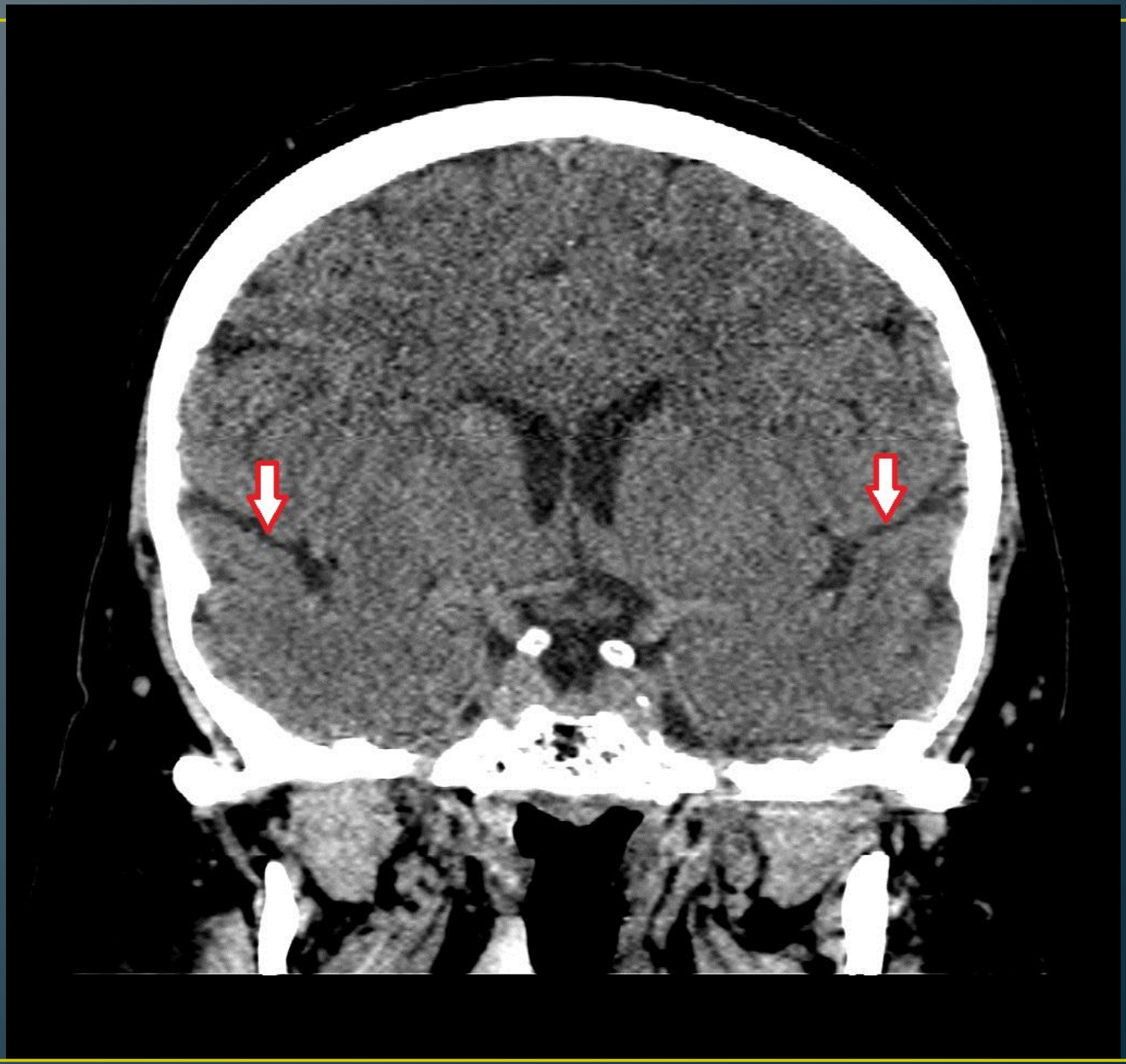
В норме они визуализируются в виде тонких гиподенсных «полосок» по краю гемисфер мозга, а также в мозговых бороздах. Они имеют плотность ликвора (+4…+8 единиц Хаунсфилда).

Если плотность выше (+45…+55 единиц), это говорит о САК.

Если субарахноидальные пространства несимметрично сужены, это может являться признаком отека мозга (в результате инсульта, травмы), если равномерно расширены – признаком атрофии мозга.

Нормальная ширина Сильвиевых щелей (отмечены стрелками)



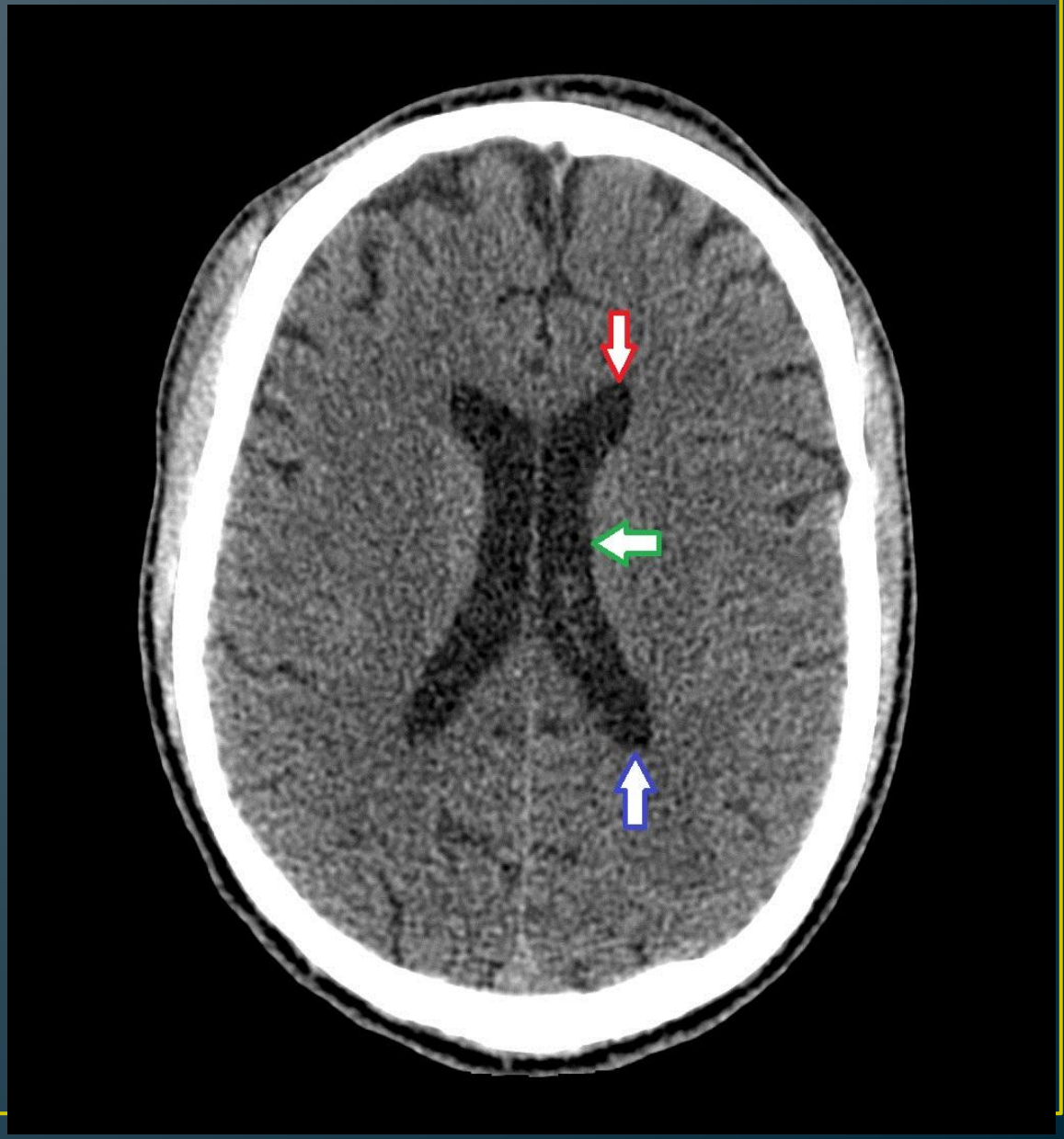


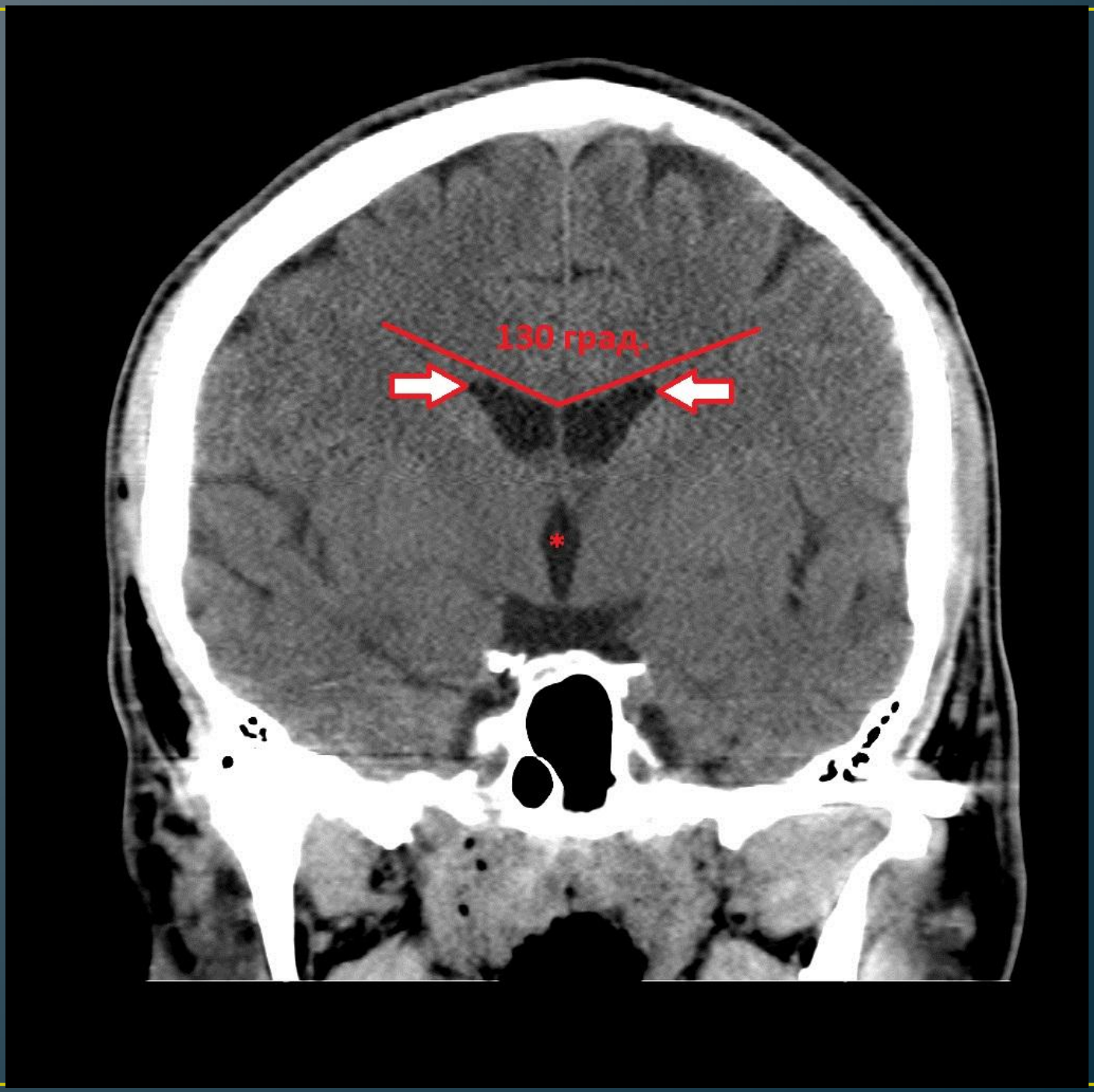
Боковые желудочки

Боковые желудочки выглядят как «рога», заполненные ликвором.

В норме желудочки симметричны, одинаковой ширины.

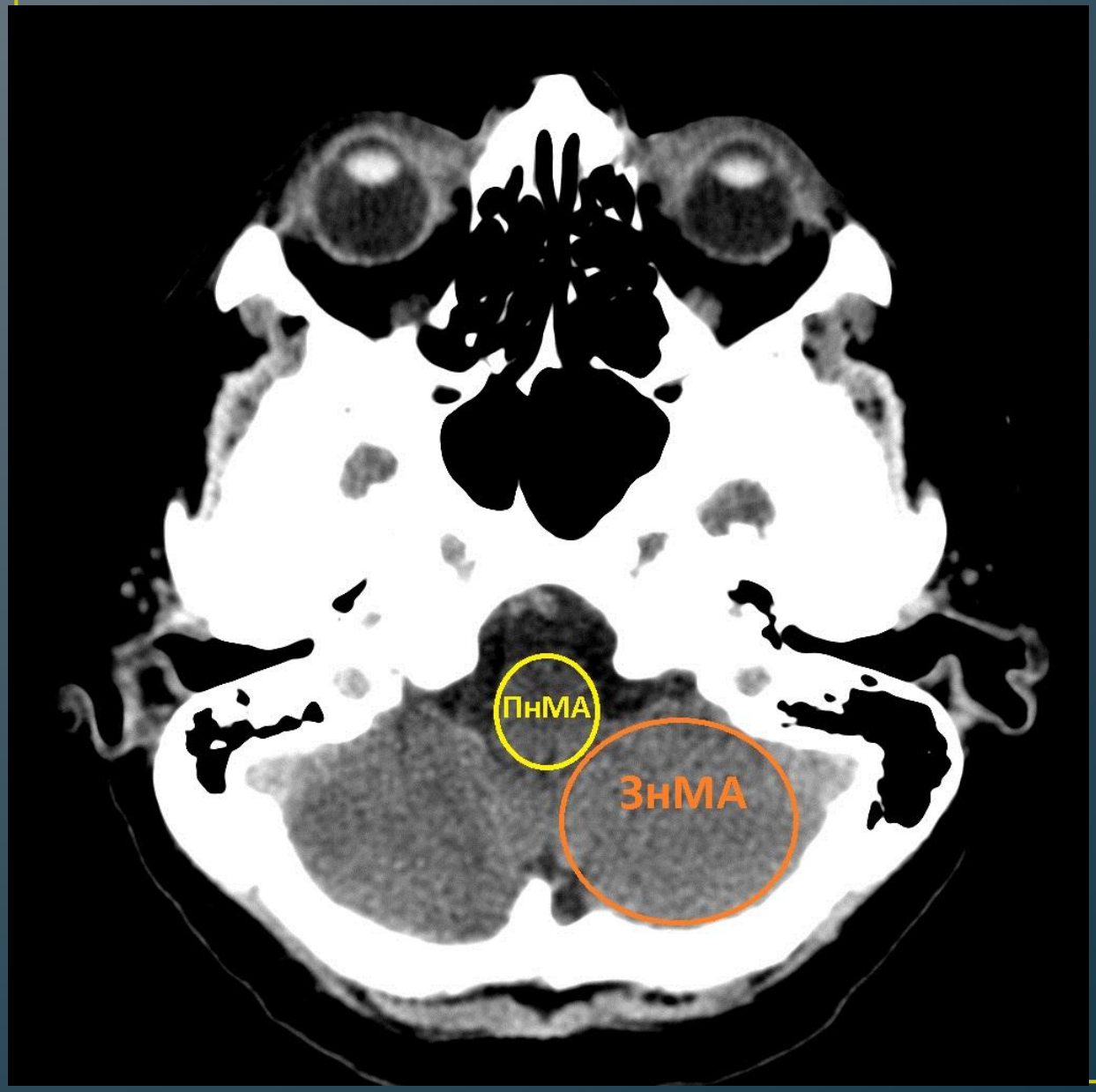
Желудочки отделены друг от друга прозрачной перегородкой шириной 1-2 мм .



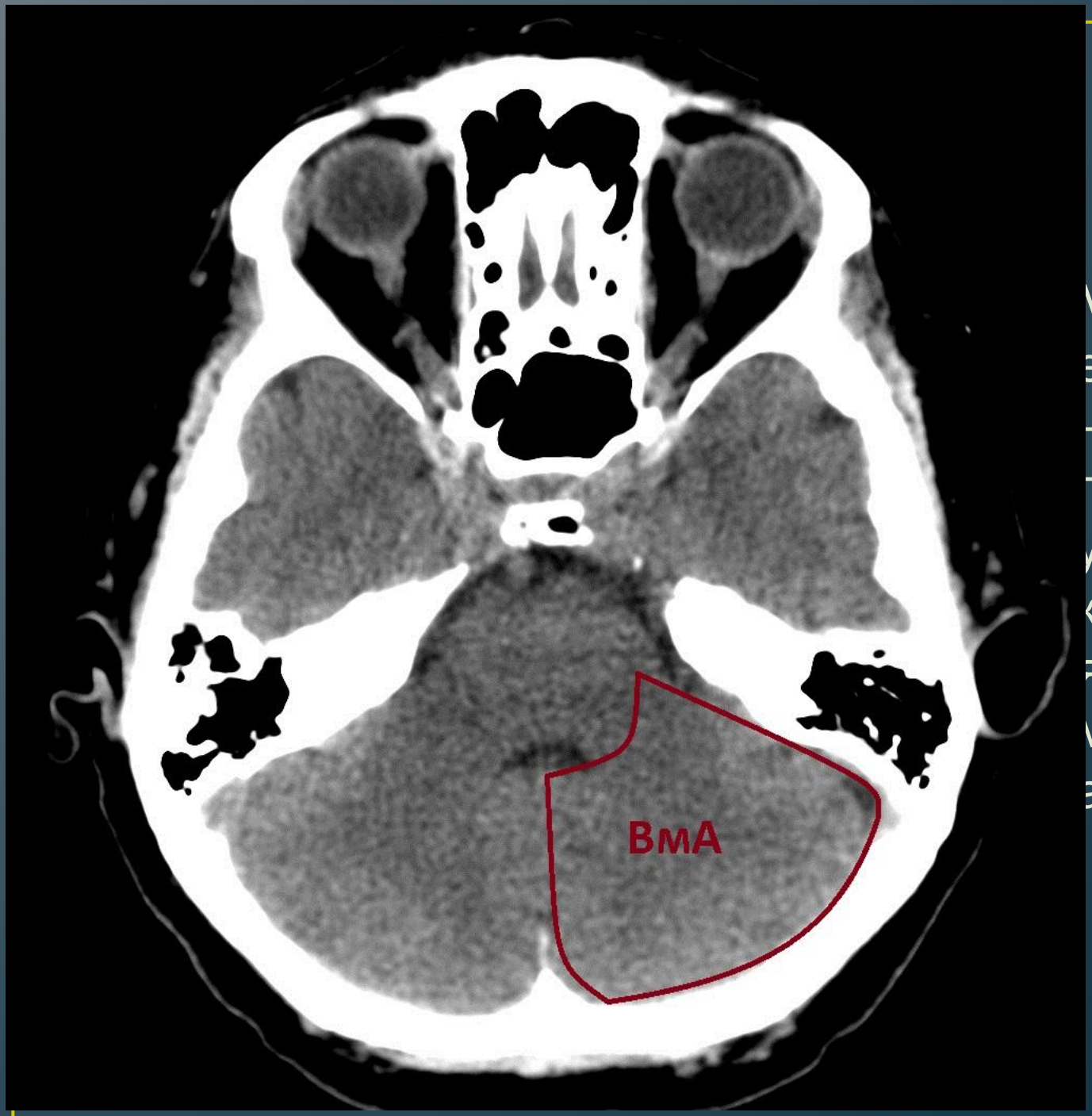

130 град.
*

На изображении 3-й желудочек отмечен звездочкой, боковые желудочки – стрелками; выделен также угол между боковыми желудочками (вентрикулярный угол) – в норме он составляет более 110 градусов, при меньших значениях является признаком окклюзионной гидроцефалии.

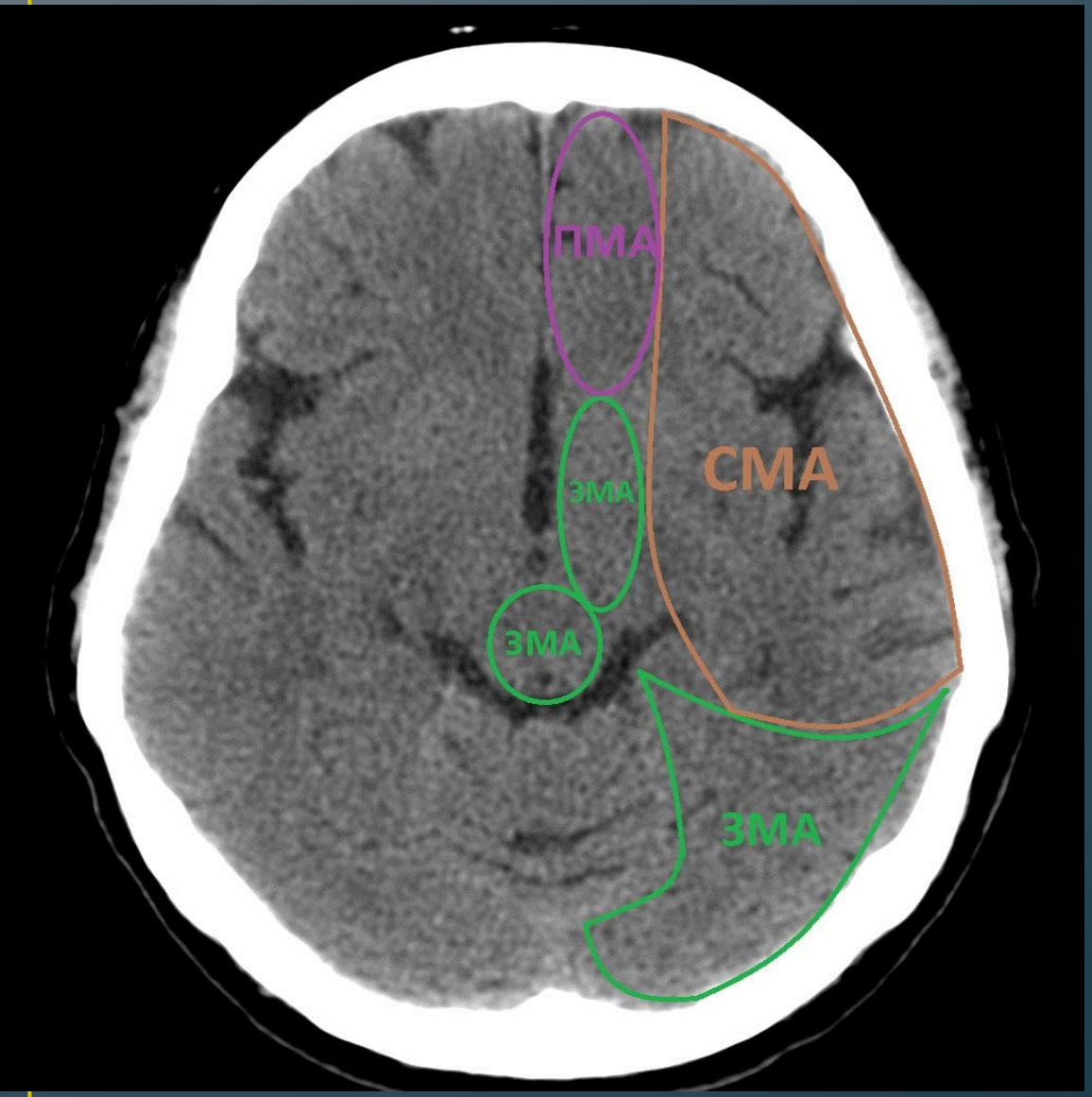
Бассейн кровоснабжения



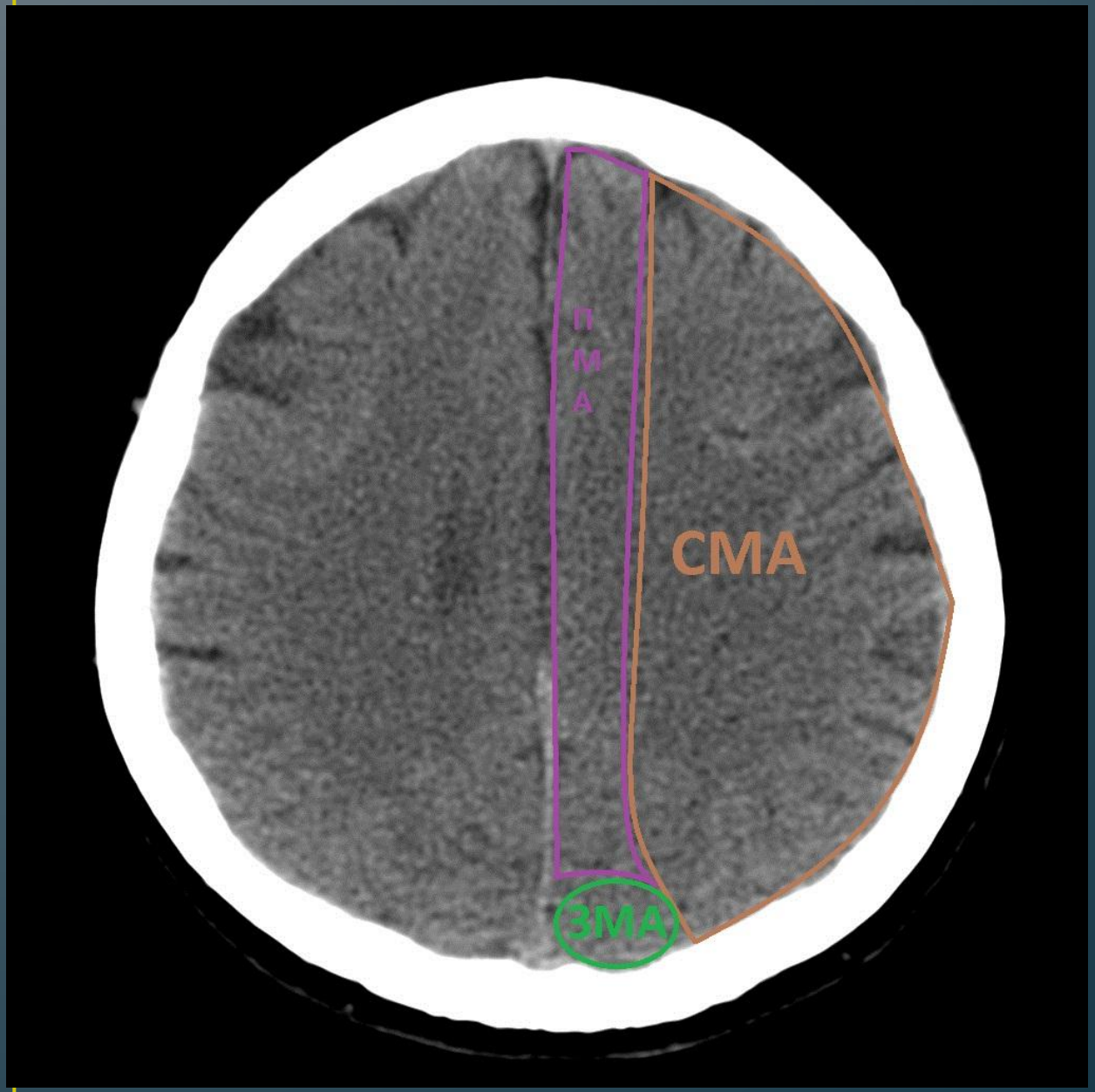
Ствол мозга и базальные отделы мозжечка, червь мозжечка кровоснабжаются передней нижней мозжечковой артерией (ПнМА) и задней нижней мозжечковой артерией (ЗнМА).



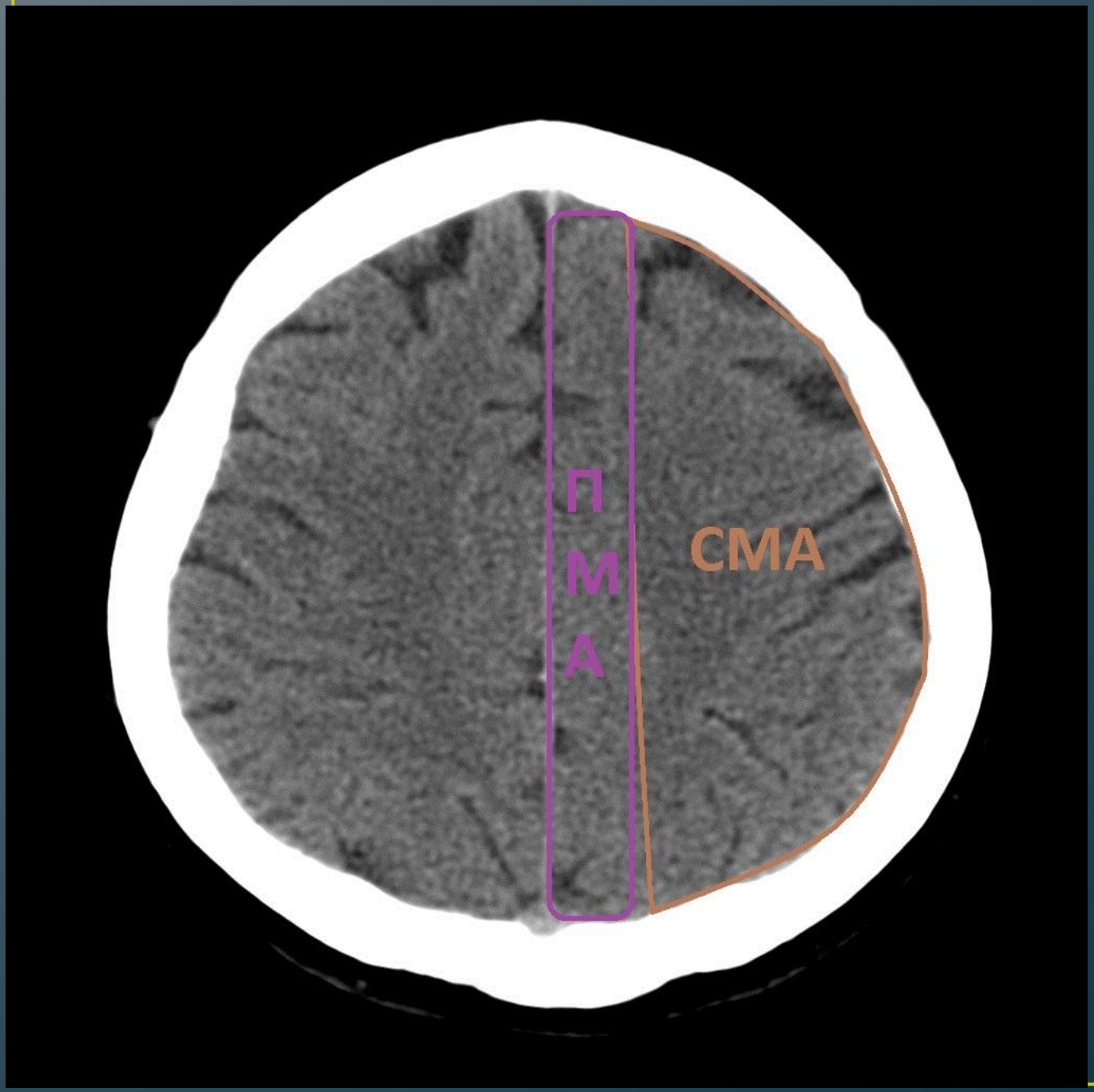
Мозжечок (обе
его гемисферы)
на
представленном
уровне
кровоснабжаютс
я верхней
мозжечковой
артерией (ВМА)



Затылочная доля головного мозга, ствол (Варолиев мост), таламус составляют бассейн кровоснабжения задней мозговой артерии (ЗМА). Височная доля – бассейн кровоснабжения средней мозговой артерии (СМА). Медиальные отделы лобной доли на данном уровне кровоснабжаются



Теменная доля кровоснабжается средней мозговой артерией (СМА), медиальные отделы теменной доли, лобной доли – передней артерией мозга (ПМА), небольшая часть затылочной доли на данном уровне – задней мозговой артерией.



Наиболее краниальные (верхние) латеральные отделы теменной доли кровоснабжаются ветвями СМА, медиальные отделы теменной и лобной долей – ветвями ПМА.

- Применение методов визуализации головного мозга может быть сочетанным, но в большинстве случаев достаточно одного из методов.
- Например, при острой травме черепа и головного мозга предпочтение отдается КТ. Эта методика быстро (время выполнения – 2-3 минуты) позволяет получить информацию о состоянии вещества мозга и костей черепа, выявляет в том числе и очень малые участки кровоизлияний. КТ может выполняться при любом состоянии больного – даже при проведении искусственной вентиляции легких (ИВЛ).
- Вместе с тем методика МРТ, вследствие более высокой мягкотканой чувствительности, значительно более информативна при ишемических, метаболических и воспалительных заболеваниях головного мозга (например, рассеянном склерозе).
- В любом случае раздельное либо комплексное применение этих методов визуализации позволяет в подавляющем большинстве случаев быстро поставить верный диагноз.

Травмы ГМ

- Для диагностики травм головного мозга и костей черепа ведущим методом является КТ: незначительные переломы, небольшие внутримозговые или подоболочечные гематомы.
- Для диагностики небольших ушибов или отека мозга еще большей информативностью обладает МРТ. Она позволяет выявить даже те повреждения мозга, которые

1 – КТ ГМ при травме. Перелом наружной стенки орбиты.

2 – КТ ГМ при ушибе ГМ. Небольшая внутримозговая гематома в правой височной доле (округлая структура с высокой плотностью).

ОНМК

- Первый метод, который необходимо применить при ОНМК, – КТ. Она позволяет дифференцировать ишемические НМК и кровоизлияния в мозг.
- Наличие выраженной неврологической клиники и отсутствие изменений при КТ (в первые 3-6 часов) указывают на ишемический характер поражения.
- К исходу первых суток ишемические очаги обычно становятся видимыми на КТ-изображениях.

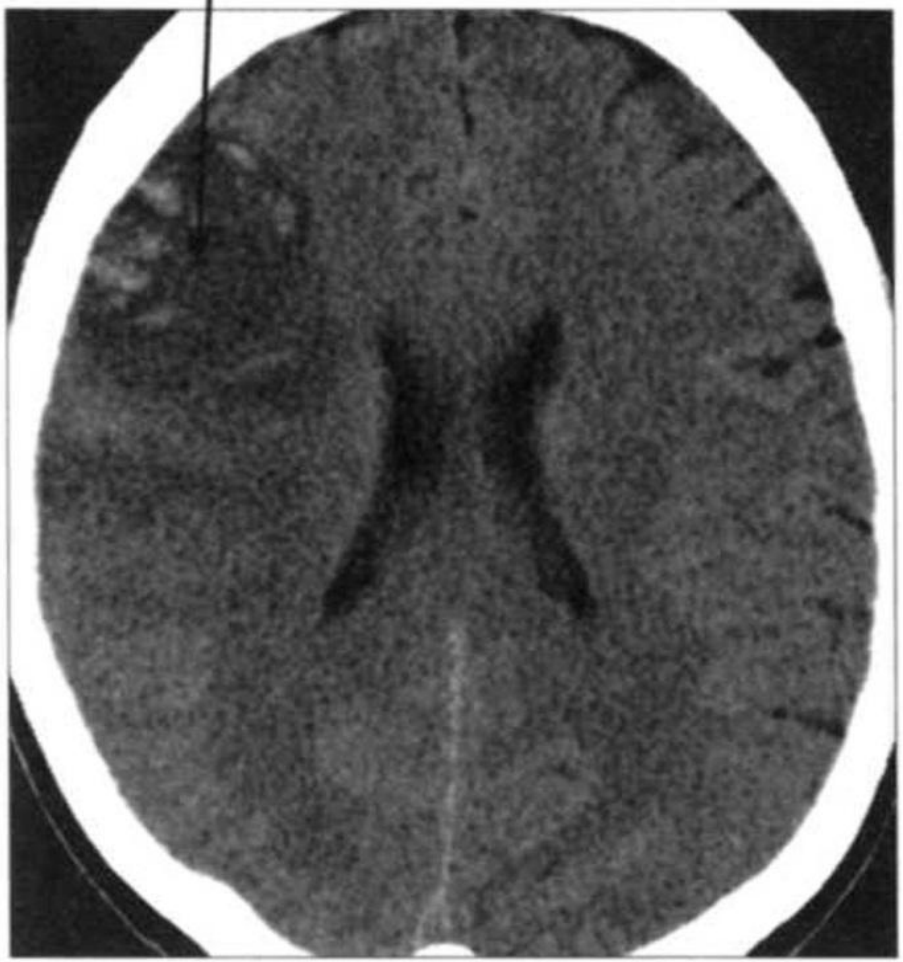


Рис. 4-7. КТ головного мозга при ишемическом инсульте давностью 24 ч. Видна обширная область сниженной плотности в правом полушарии

При ишемическом типе инсульта в первые часы желательно выполнить МРТ.

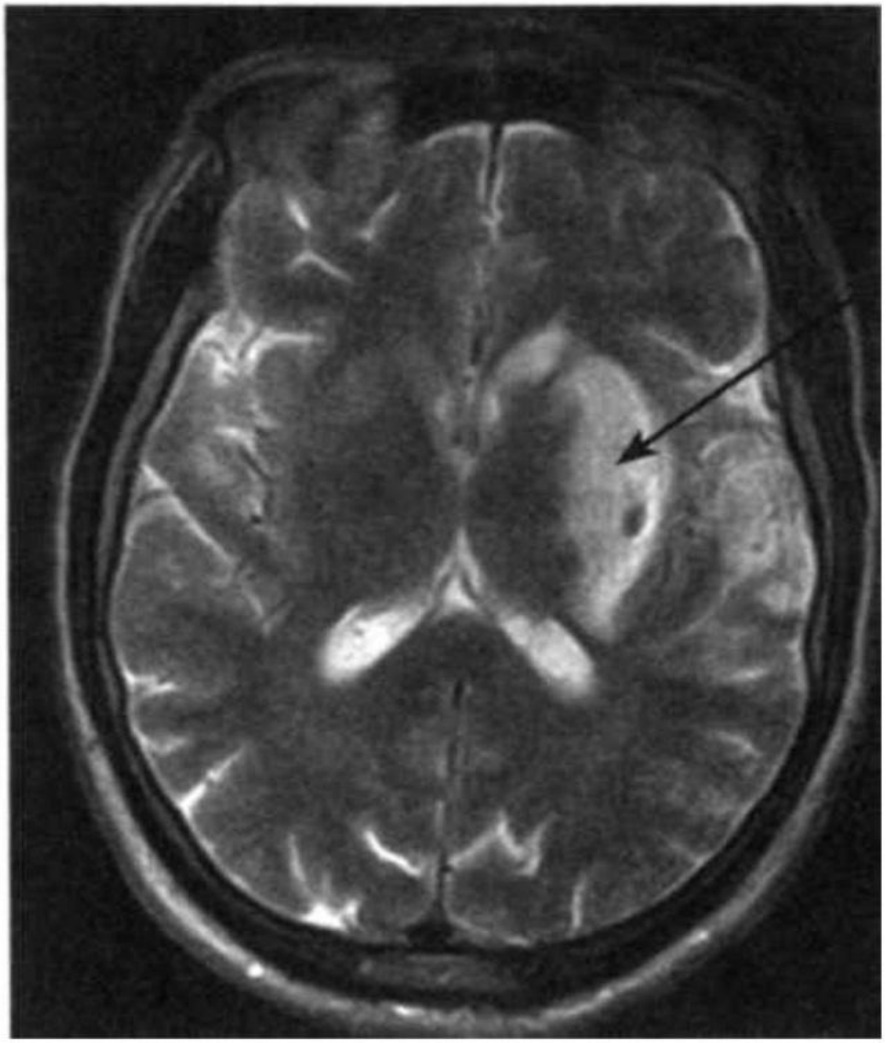


Рис. 4-8. МРТ головного мозга при остром (давностью 12 ч) ишемическом инсульте в области подкорковых ядер слева (стрелка)

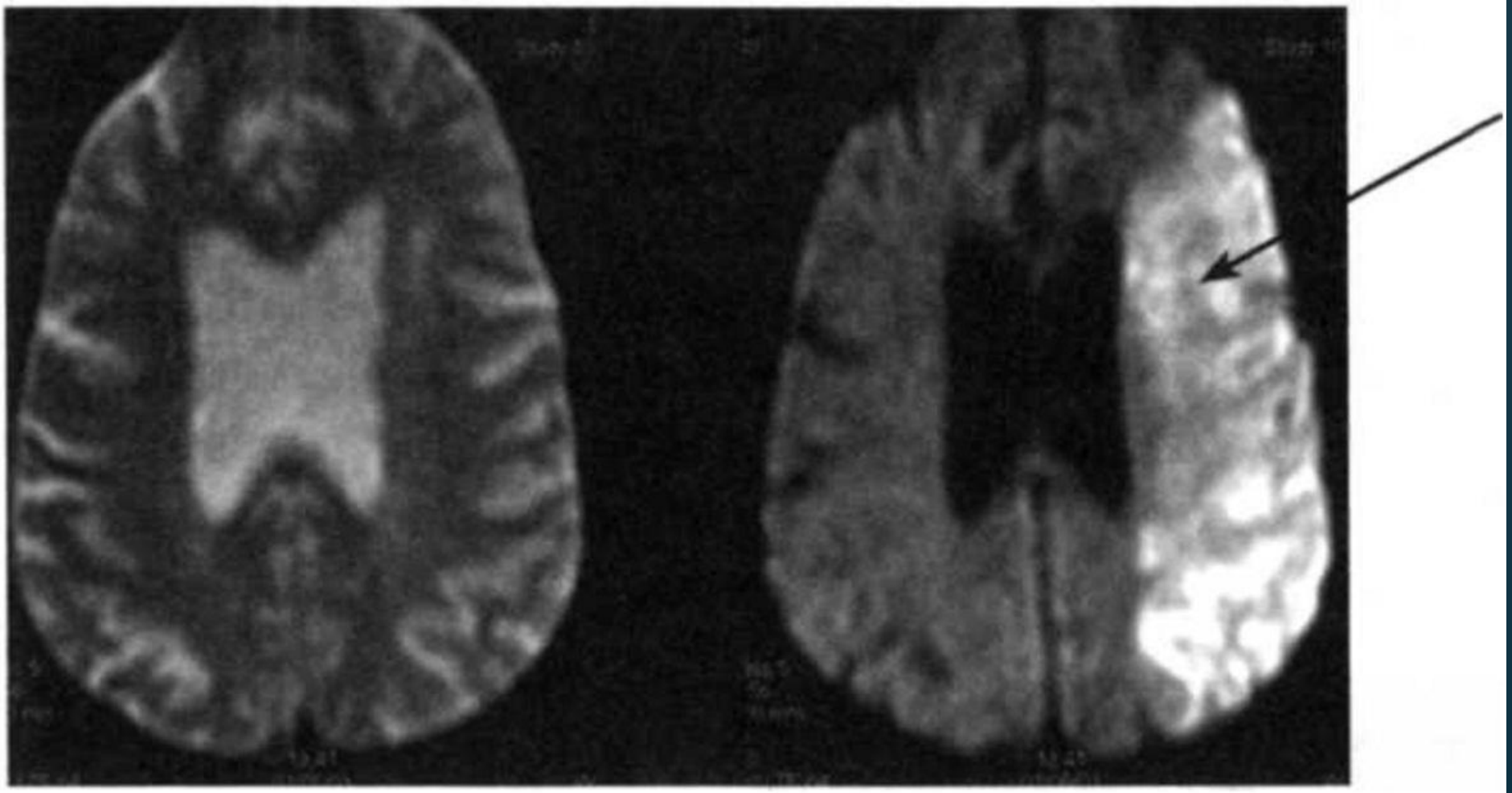


Рис. 4-**9.** МРТ головного мозга при остром НМК. На Т2-взвешенном изображении (слева) изменения не видны. На диффузно-взвешенном изображении (справа) видны обширные ишемические поражения левого полушария, видимые как область повышенной интенсивности (стрелка)

- Если поражен большой участок полушария, то может появиться масс-эффект (смещение срединных структур мозга в противоположную сторону).

- На ухудшение состояния больного в следующие 3-5 суток указывают более выраженный отек и усиливающиеся границы очага. Проявляется или усиливается имевшийся масс-эффект. Прилежащая часть ликворопроводящей системы сдавливается.

- При положительном течении болезни через 6-7 дней отек мозга начинает уменьшаться, а через 2-3 недели область инсульта становится равной по плотности веществу головного мозга.

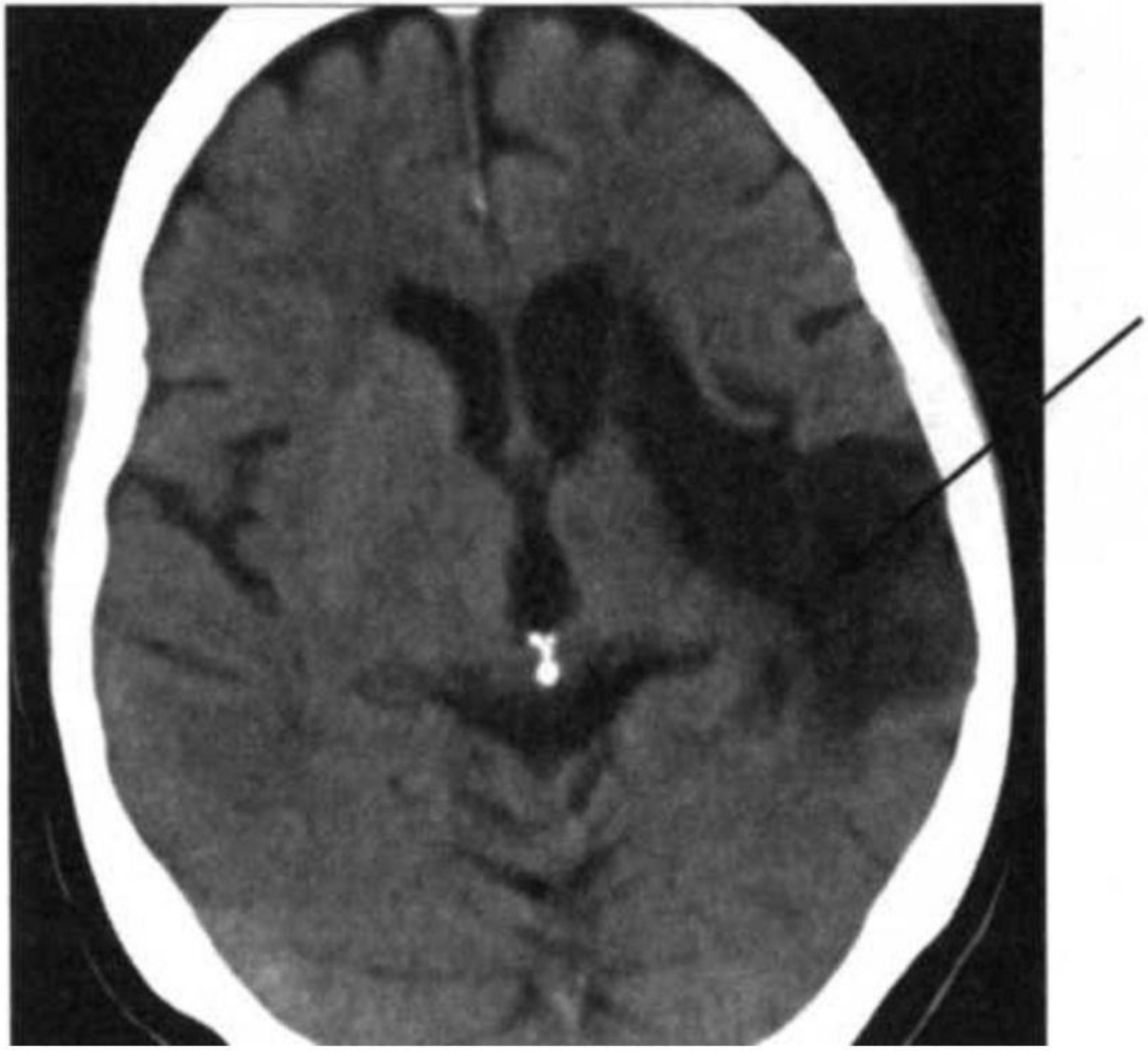


Рис. 4-10. КТ. Кистозно-рубцовые постинсультные изменения левого полушария (стрелка)

По прошествии времени на месте ОНМК образуются рубцовые, кистозные и атрофические изменения, которые хорошо дифференцируются с помощью обоих методов.

При диагностике ОНМК обычно нет необходимости во введении контрастных препаратов.

В последнее время начинают развиваться исследования перфузии мозга у больных ОНМК с помощью КТ или МРТ. Полученные данные позволяют оценить размеры дефекта перфузии и соответствие его зоне некроза. Оценка перфузии мозга возможна и с помощью радионуклидных

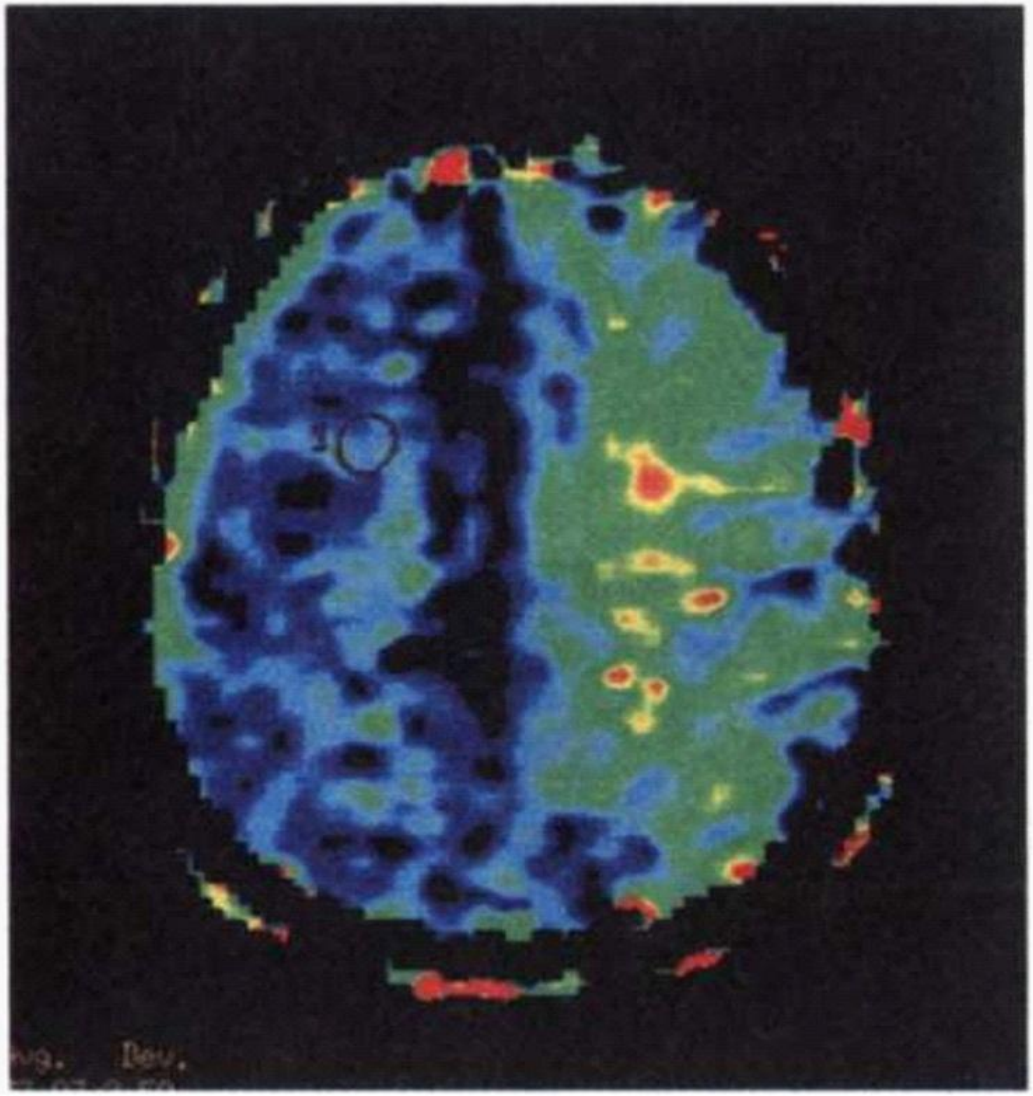


Рис. 4-11. Оценка перфузии головного мозга с помощью МРТ. Нарушение перфузии в левом полушарии вследствие окклюзии левой

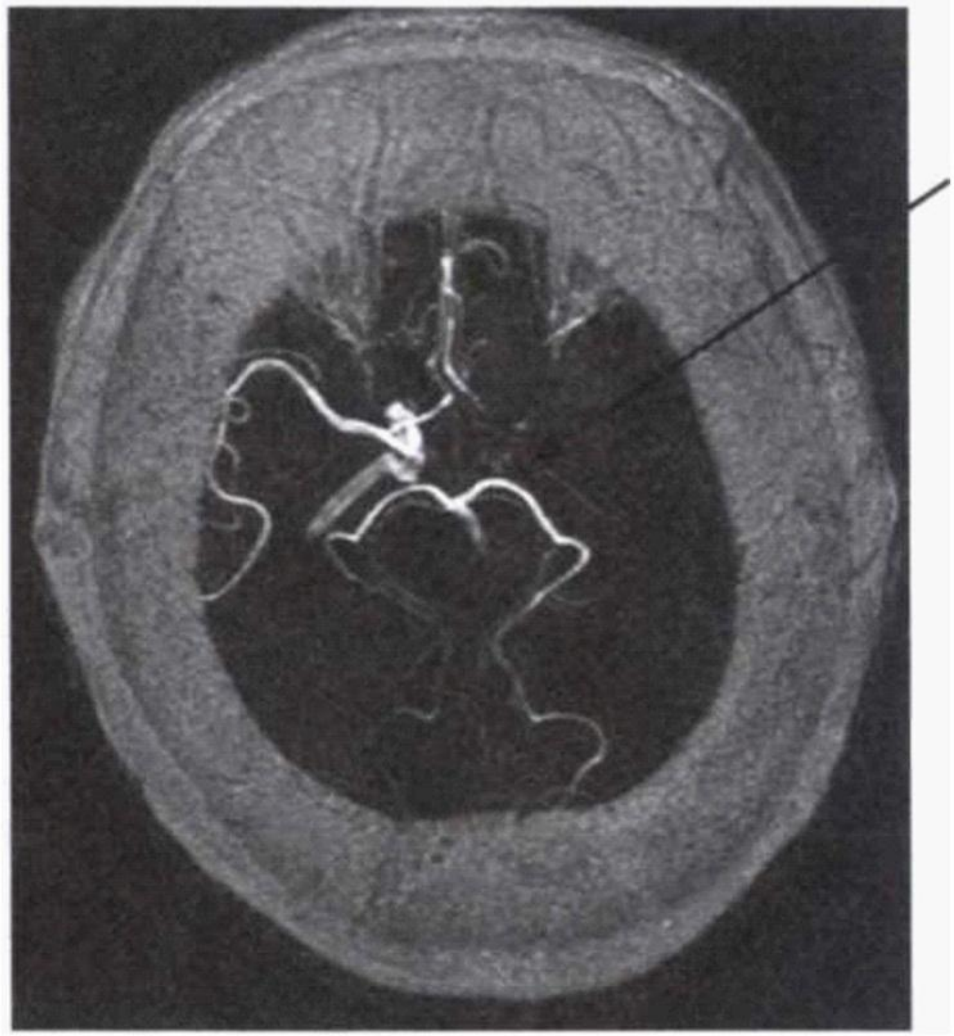


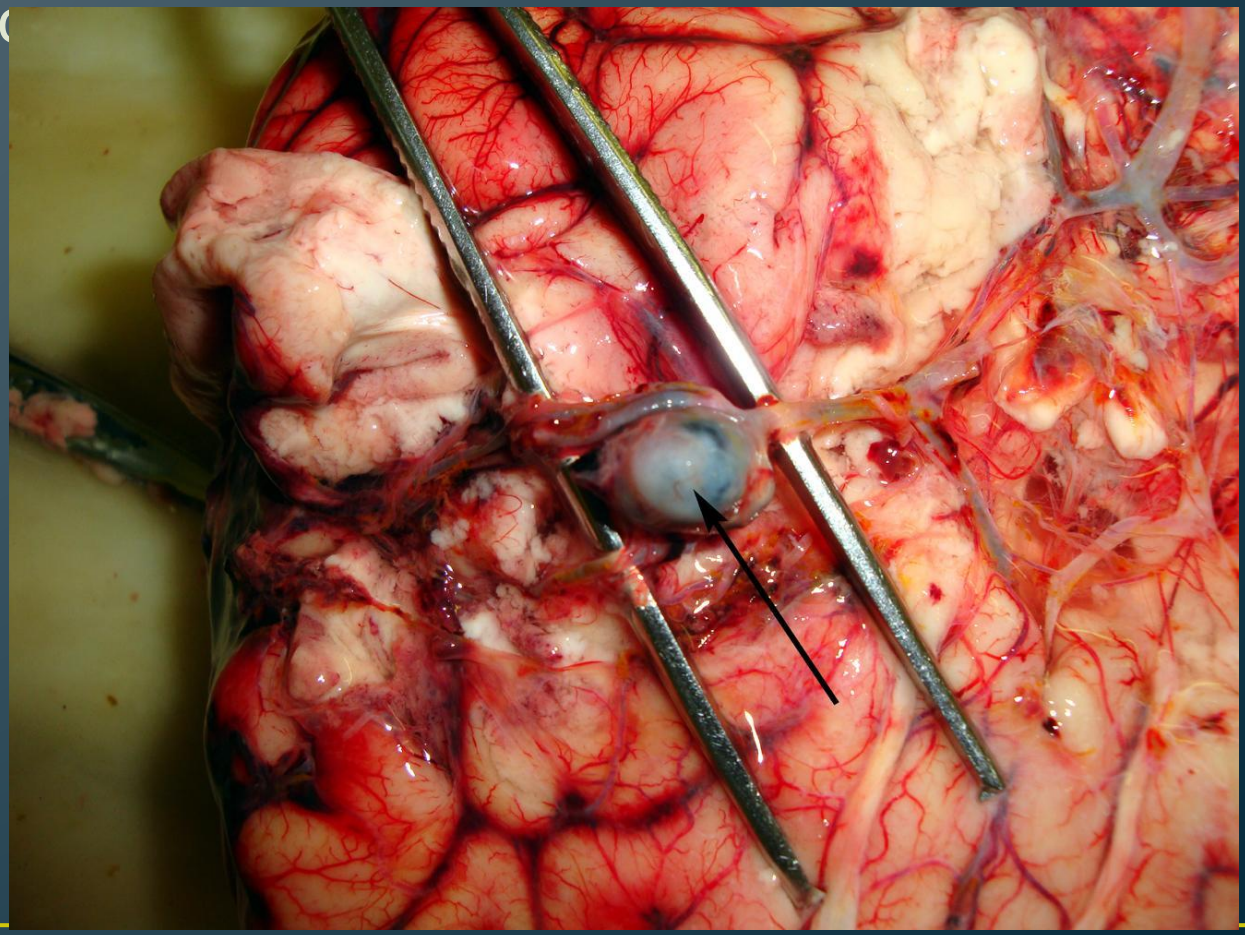
Рис. 4-12. МР-ангиография интракраниальных артерий. Окклюзия левой внутренней сонной артерии (стрелка) внутренней сонной артерии

Современные КТ и МРТ-аппараты позволяют при необходимости выполнить ангиографию сосудов головного мозга, что делает возможным определение пораженного сосуда, вызвавшего ОНМК.

- Итак, при подозрении на ОНМК в первую очередь следует выполнить КТ. Обычно этого бывает достаточно для определения тактики лечения.
- Однако небольшие инфаркты в области подкорковых ядер, мозжечка и ствола мозга, безусловно, лучше визуализировать методом МРТ.
- Поэтому при возможности выбора метода исследования следует тщательно изучить клиническую картину заболевания.

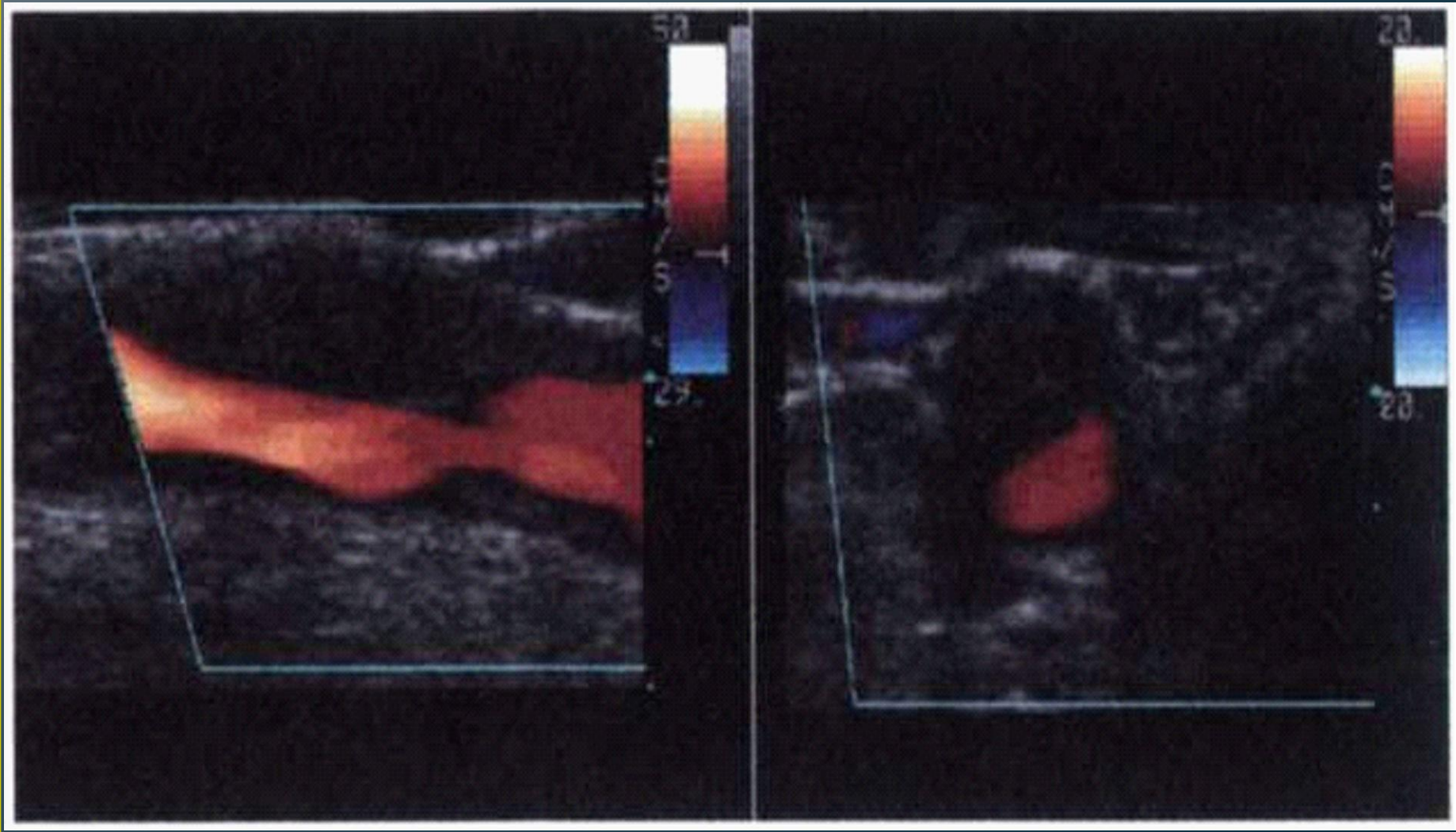
Заболевания сосудов ГМ и шеи

Аневризмы интракраниальных артерий часто протекают без клинических проявлений. Вместе с тем интракраниальные аневризмы являются частой причиной внутричерепного



КТ-ангиография. Аневризма правой средней мозговой артерии

Дуплексное исследование сонной артерии. Слева — продольное сечение сосуда, справа — поперечное. В начальном отделе внутренней сонной артерии видна бляшка, вызывающая выраженное сужение просвета сосуда



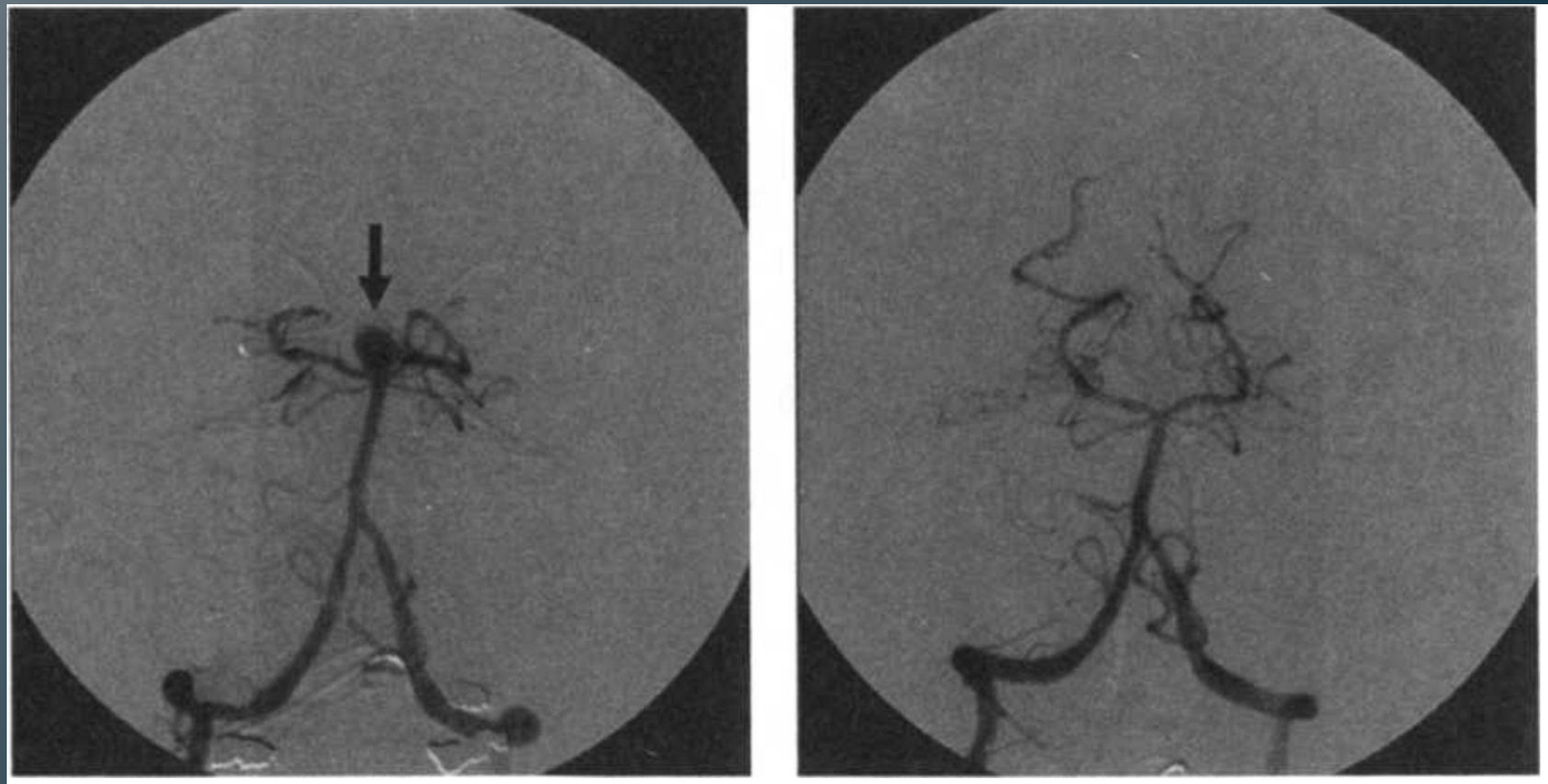
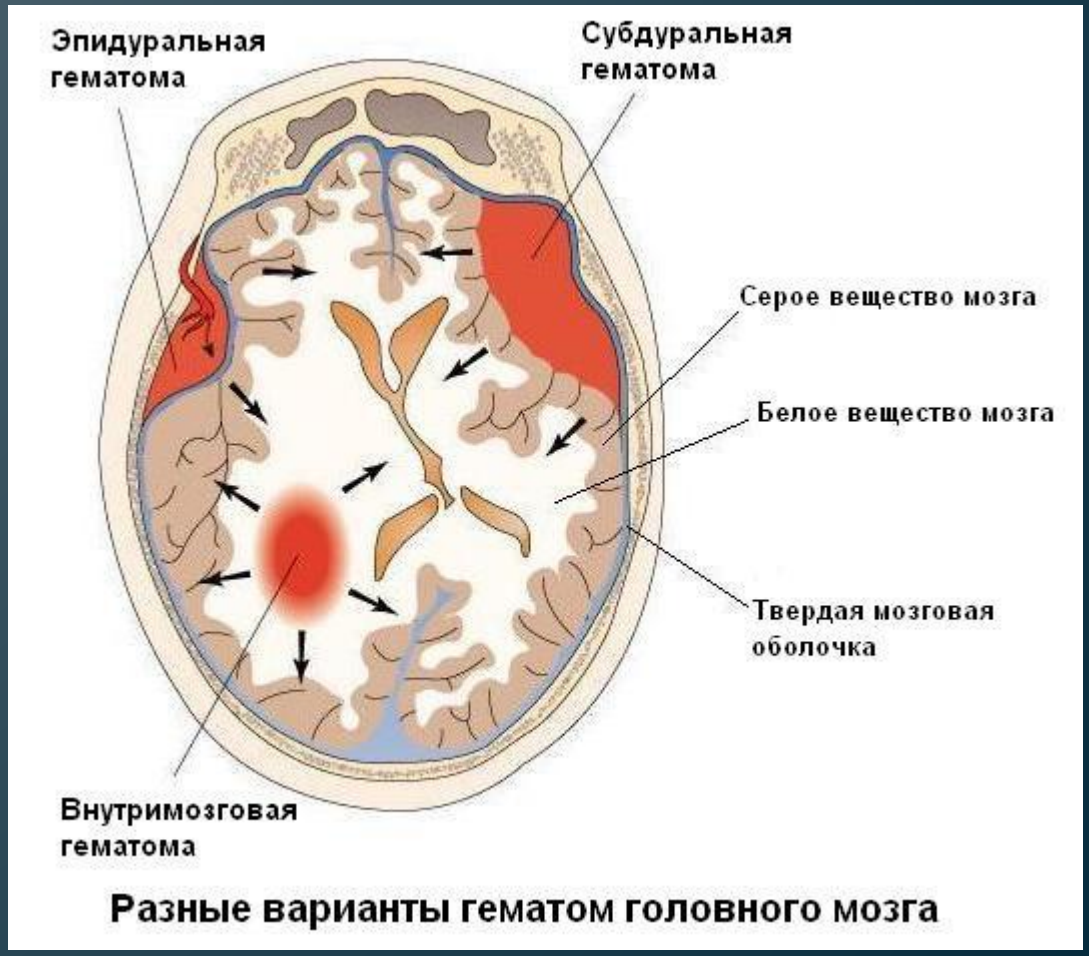


Рис. **4-15.** Ангиография вертебробазилярных сосудов пациента с аневризмой терминального отдела базилярной артерии (указана стрелкой). Слева представлена ангиограмма до операции, справа — после эмболизации аневризмы микроспиралями. Аневризма больше не визуализируется

Внутричерепные кровоизлияния (гематомы)

Внутримозговые и оболочечные кровоизлияния могут быть проявлениями осложнений гипертонической болезни, атеросклероза или порока развития сосуда.
Кровоизлияниями могут сопровождаться первичные и вторичные опухоли мозга.



Разные варианты гематом головного мозга

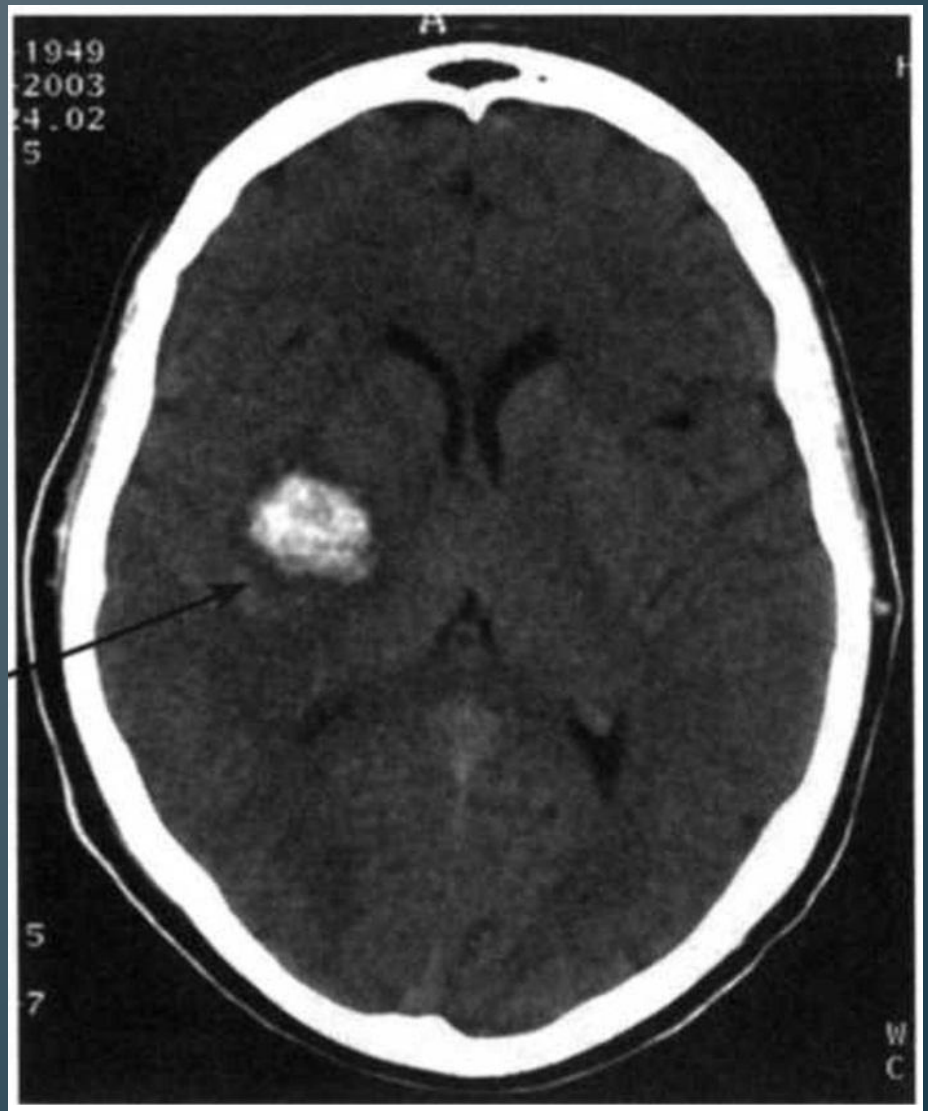


Рис. 4-16. КТ головного мозга при остром кровоизлиянии в правую гемисферу (стрелка)

Рис. 4-17. МРТ головного мозга (Т2-взвешенное изображение) у пациента с большой подострой гематомой правого полушария, прорвавшейся в боковой желудочек

Рис. 4-18. КТ при остром субарахноидальном кровоизлиянии. С двух сторон в задней черепной ямке, над полушариями мозжечка ликвор имеет повышенную плотность из-за наличия в нем крови (стрелки)

Субдуральные гематомы имеют вид полумесяца, обращенного вогнутостью в сторону мозга. Субдуральная гематома имеет ровные, четкие поверхности. Большая гематома сдавливает соседние отделы мозга и может вызывать масс-эффект. В остром периоде гематома имеет повышенную плотность при КТ.

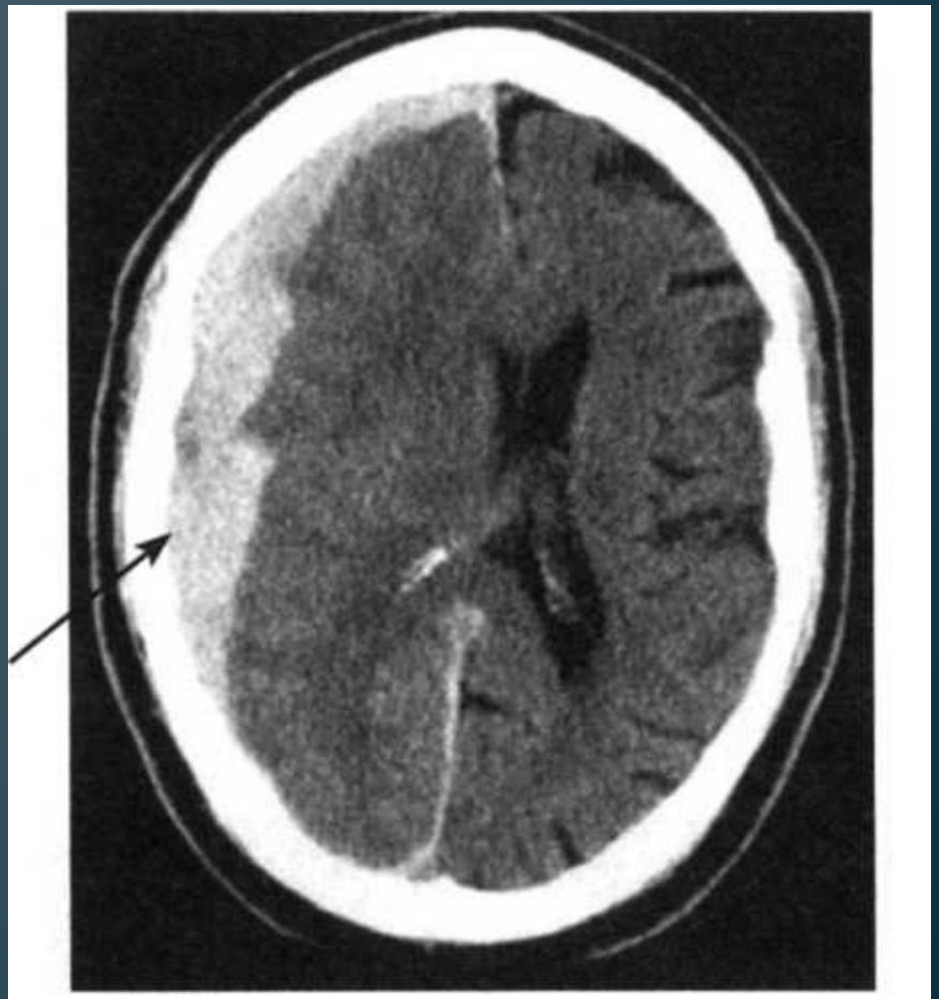


Рис. 4-19. КТ. Острая субдуральная гематома. Над правым полушарием видна структура повышенной плотности, имеющая вид полумесяца (стрелка)

Эпидуральные гематомы обычно имеют вид двояковыпуклой линзы. Размеры ограничены контурами швов, так как твердая мозговая оболочка в этих участках крепко сращена с костями черепа. Последовательность изменения плотности та же, что и у субдуральной гематомы.

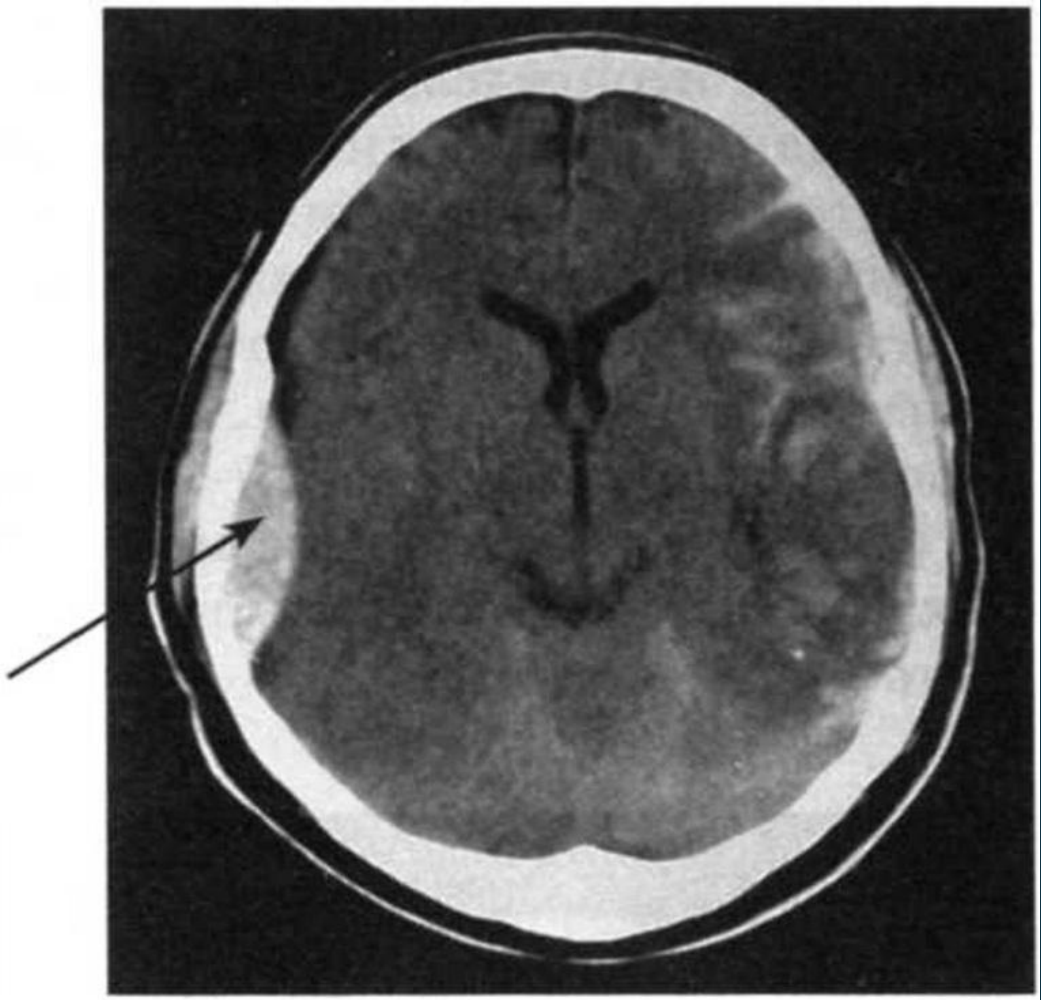


Рис. 4-20. КТ. Острая эпидуральная гематома справа, имеющая вид «линзы». Слева видны также области субарахноидального кровоизлияния (стрелка)

Опухоли головного и спинного мозга

- При описании данных КТ, МРТ врач-рентгенолог должен предположить наличие опухоли, определить признаки злокачественности, точно описать топографию образования, размеры и особенность строения (солидная, кистозная, некротизированная, обызвествленная).
- На практике важно

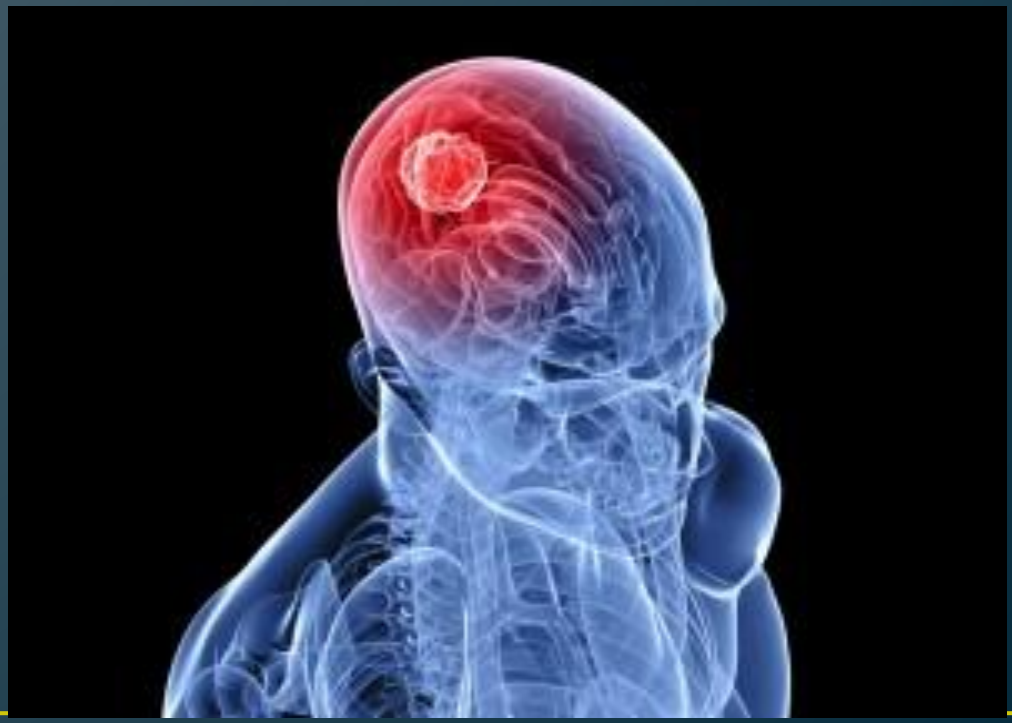
определить

топографию опухоли

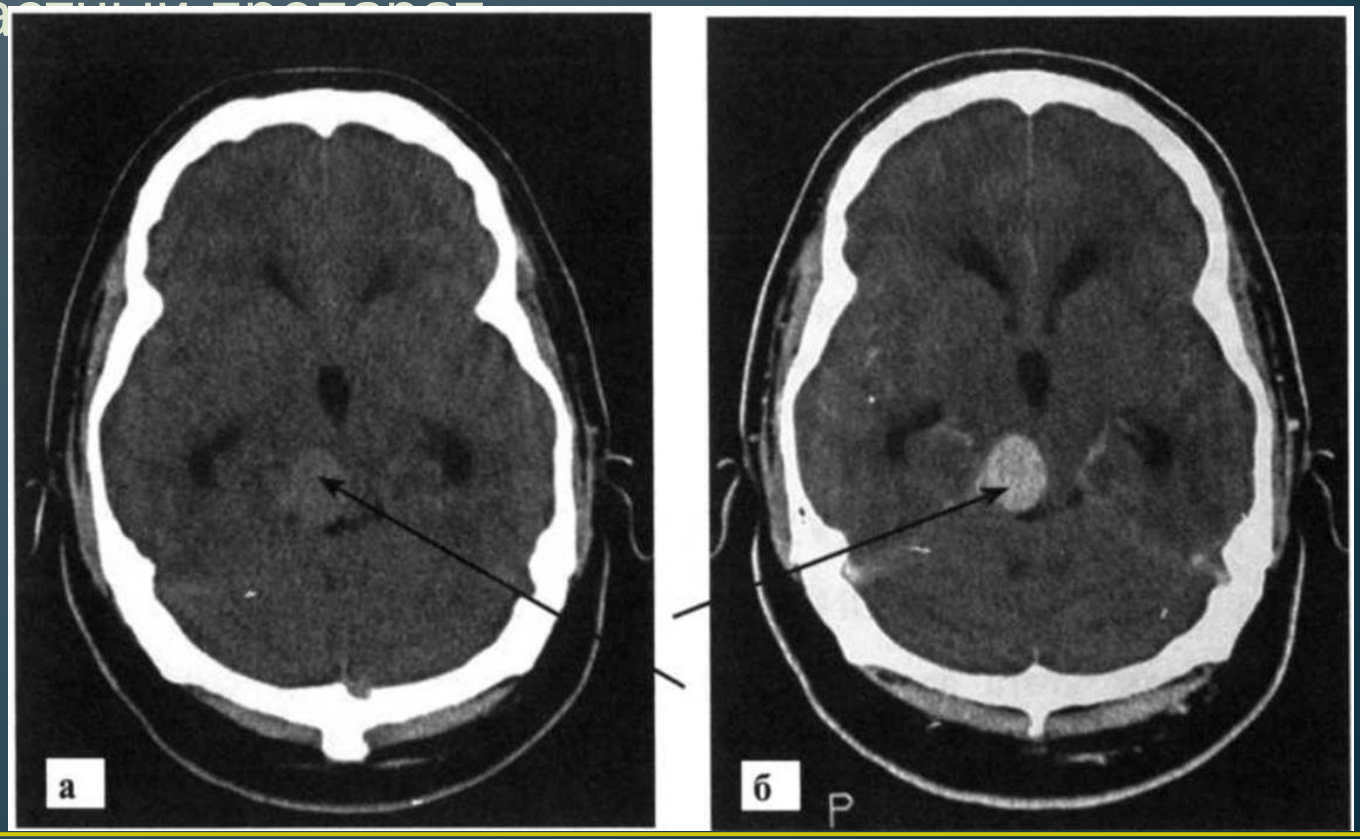
по отношению

к намету мозжечка и

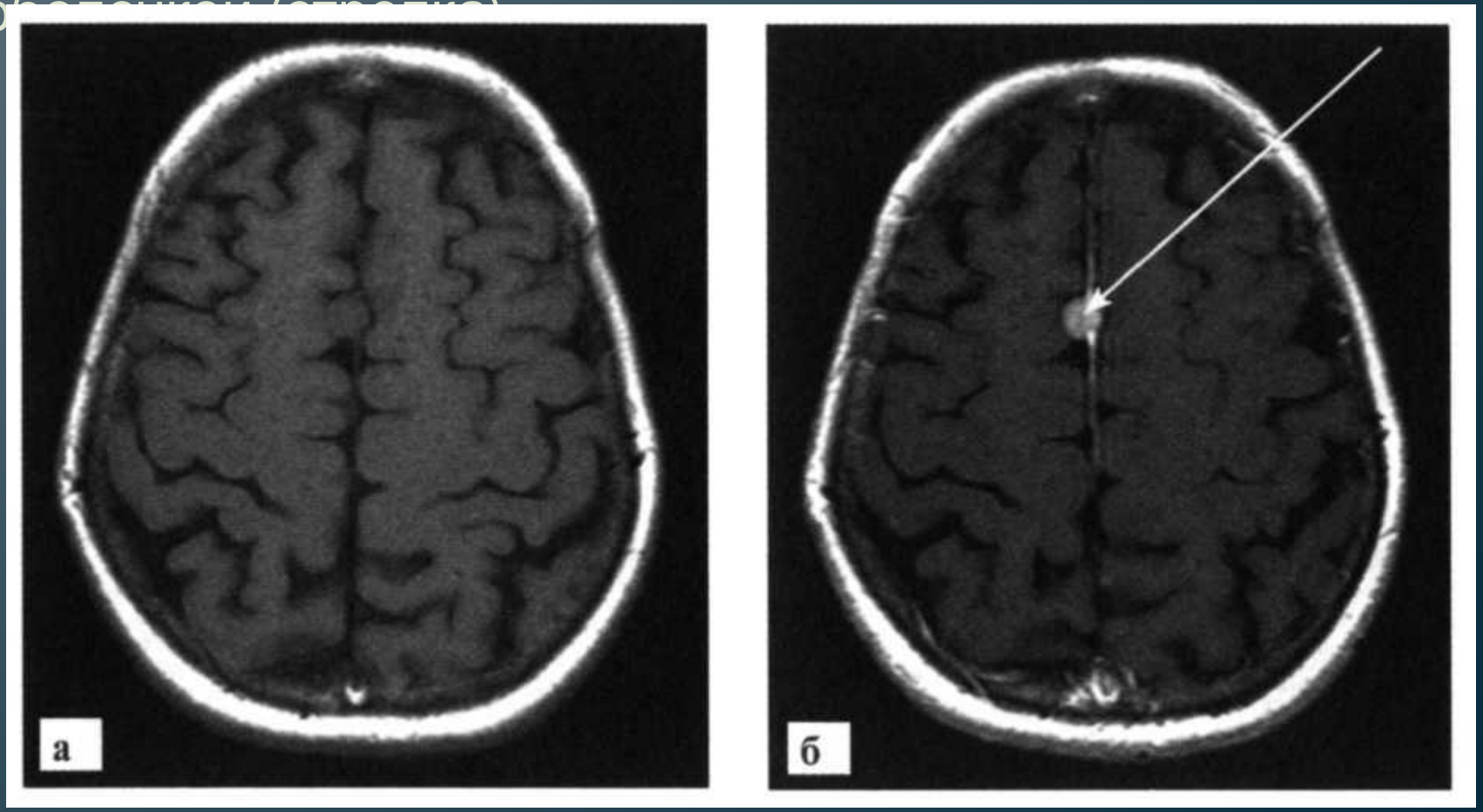
к веществу мозга.



- Без введения контрастного агента на КТ могут иметь одинаковую плотность с веществом мозга. Однако в 20% случаев менингиомы содержат обызвествленные участки, и поэтому их плотность может быть значительно выше.
- После контрастирования опухоль накапливает контра



- МРТ. Маленькая менингиома серпа в межполушарной щели: а – до контрастирования опухоль практически не видна; б – после контрастирования гадолинием менингиома становится отчетливо заметной на томограмме, видна связь ее с твердой мозговой о



- Шванномы (невриномы) – опухоли (размером 1–2 см), которые чаще всего образуются из оболочек слухового и лицевого нервов. Выявляются методом КТ или МРТ с контрастированием, с помощью которого удается различать солидные и кистозные участки опухоли (рис. 4-23).
- Среди первичных внутримозговых опухолей преобладают опухоли глиальной ткани (более 65%). Степень точности диагностической информации зависит от степени злокачественности и размеров образования. Тем не менее томографические признаки опухоли позволяют предположить злокачественный характер процесса.
- Глиальные опухоли имеют негомогенную структуру и не отграничены от окружающих тканей (рис. 4-24). Введение контрастного вещества позволяет значительно улучшить визуализацию образования и отграничить последнее от окружающего отека.
- Данных КТ и МРТ обычно бывает вполне достаточно для определения показаний и объема нейрохирургического вмешательства.
- Кроме КТ и МРТ для дифференциальной диагностики и проверки эффективности терапии используются и радионуклидные методы.

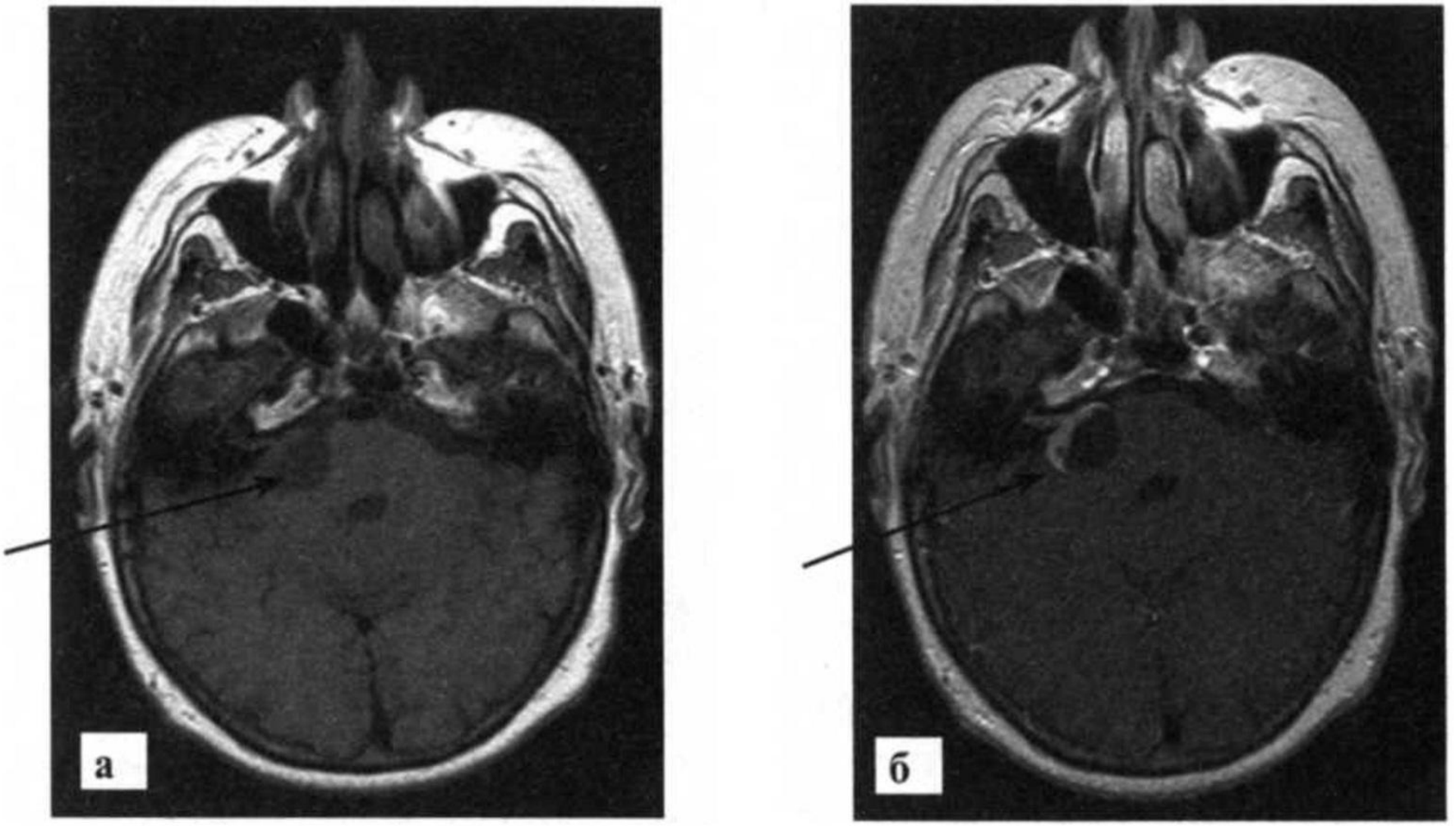


Рис. 4-23. МРТ. Шваннома слухового нерва:
а — до контрастирования видна кистозная структура в правом мостомозжечковом углу (стрелка); б — после контрастирования гадолинием становится отчетливо видимым контрастирование солидной части опухоли

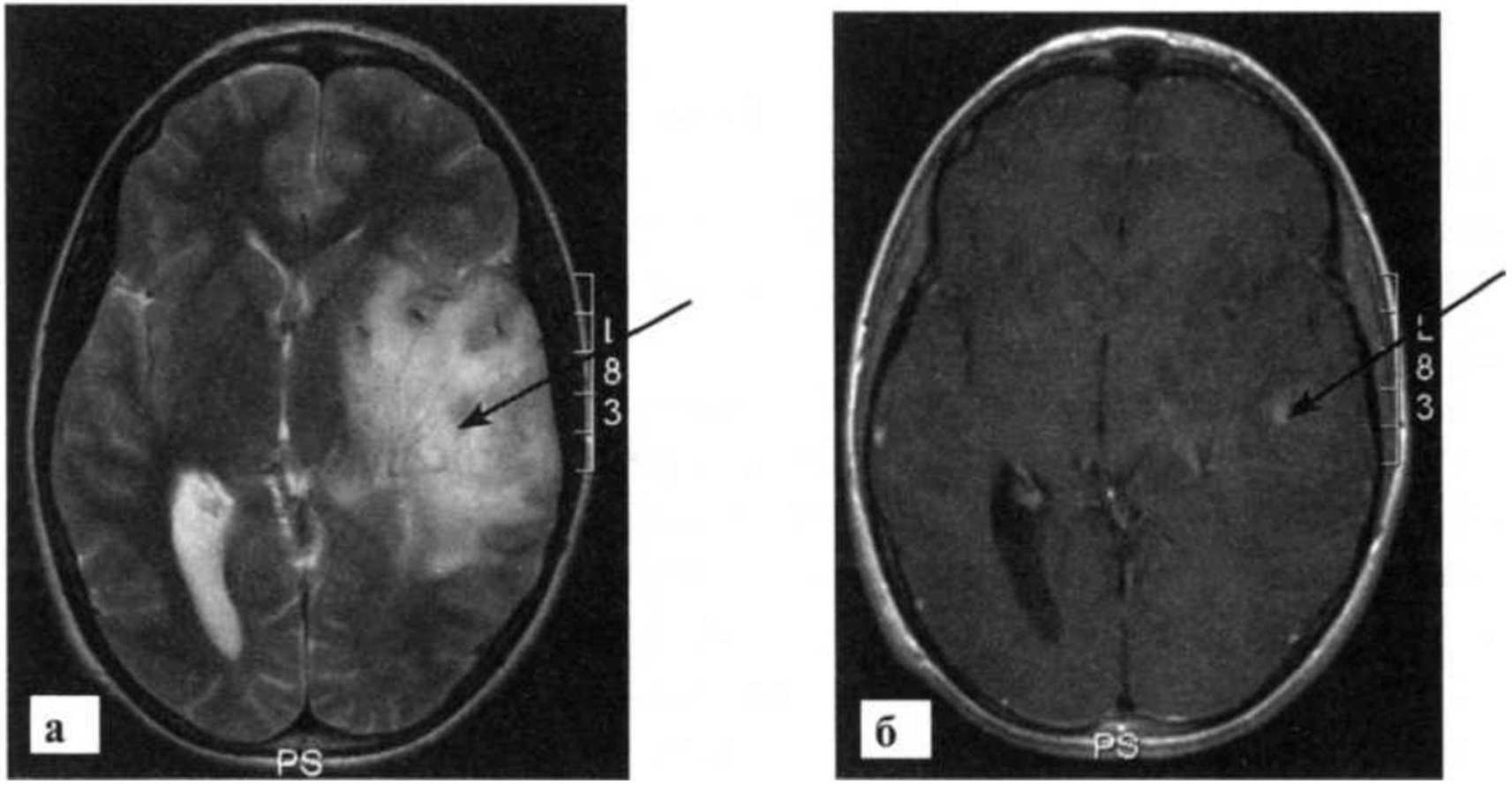
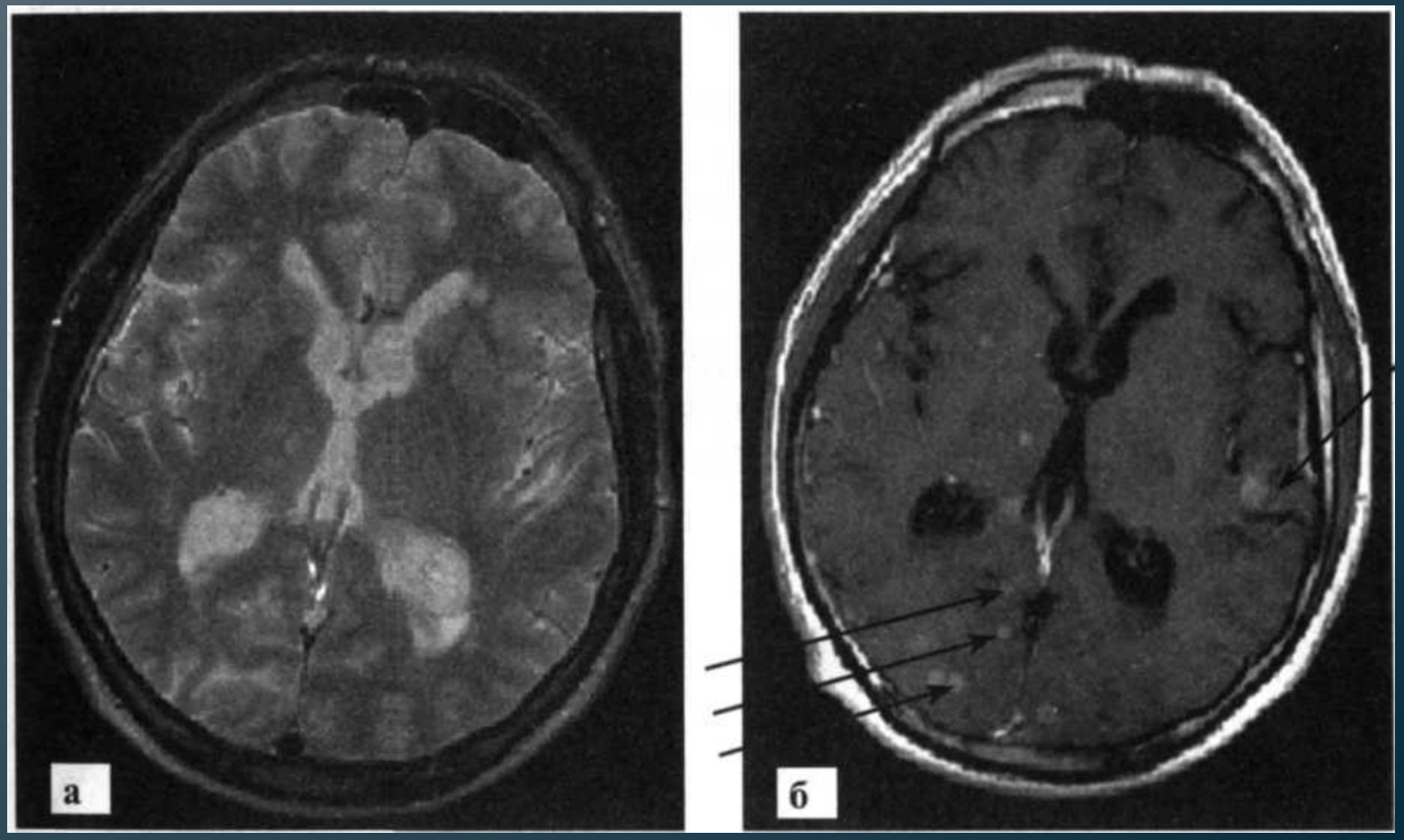


Рис. 4-24. МРТ. Астроцитома левой височной доли. Видна большая опухоль с нечеткими контурами и неоднородной структурой, вызывающая умеренный масс-эффект: а — Т2-взвешенное изображение. Хорошо видны измененный сигнал от вещества опухоли и отек вокруг нее (стрелка); б — Т1-взвешенное изображение после введения гадолиния. Отмечается очаговое контрастирование (стрелка) ткани опухоли

МРТ головного мозга у пациента с множественными метастазами в головной мозг: а – Т2-взвешенное изображение. Очаги в веществе головного мозга практически не видны; б – Т1-взвешенное изображение после контрастирования гадолинием. Отчетливо визуализируются множественные мелкие очаги метастазирования (стрелки)



Инфекционные и воспалительные заболевания, гидроцефалия

- В результате бактериального поражения мозга могут развиться менингиты, суб- и эпидуральные эмпиемы, абсцессы.
- Абсцессы на томограммах выглядят как округлые образования со сниженной плотностью.
- При МРТ или КТ с контрастированием можно выявить тонкую капсулу абсцесса, вокруг которой обычно наблюдается отек мозговой ткани.
- Так же проявляют себя на томограммах и эмпиемы.

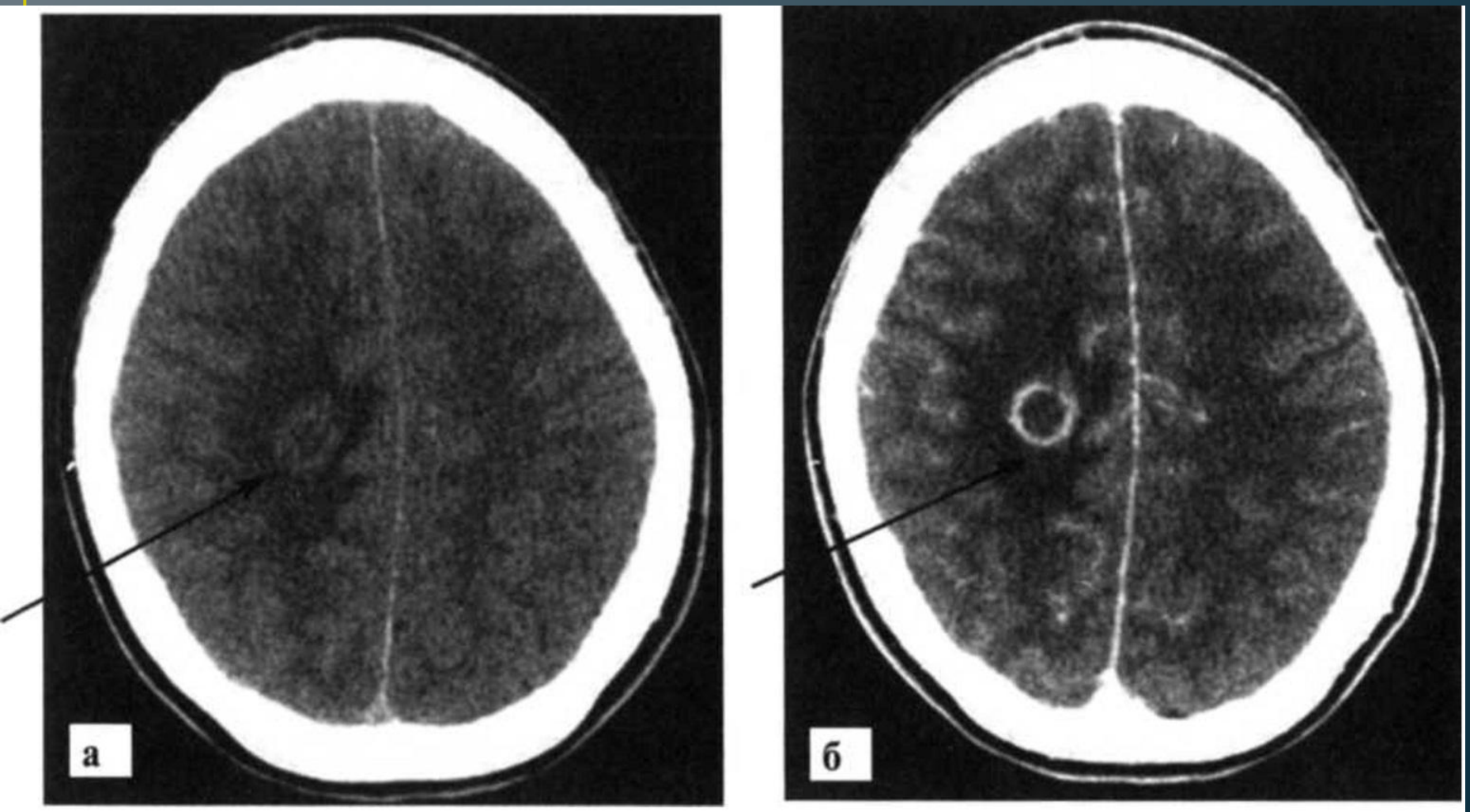


Рис. 4-26. КТ. Абсцесс головного мозга: а — без контрастирования. В правой теменной области виден очаг с низкой плотностью в центре (стрелка); б — после контрастирования отчетливо видна капсула абсцесса (стрелка) и область отека по периферии

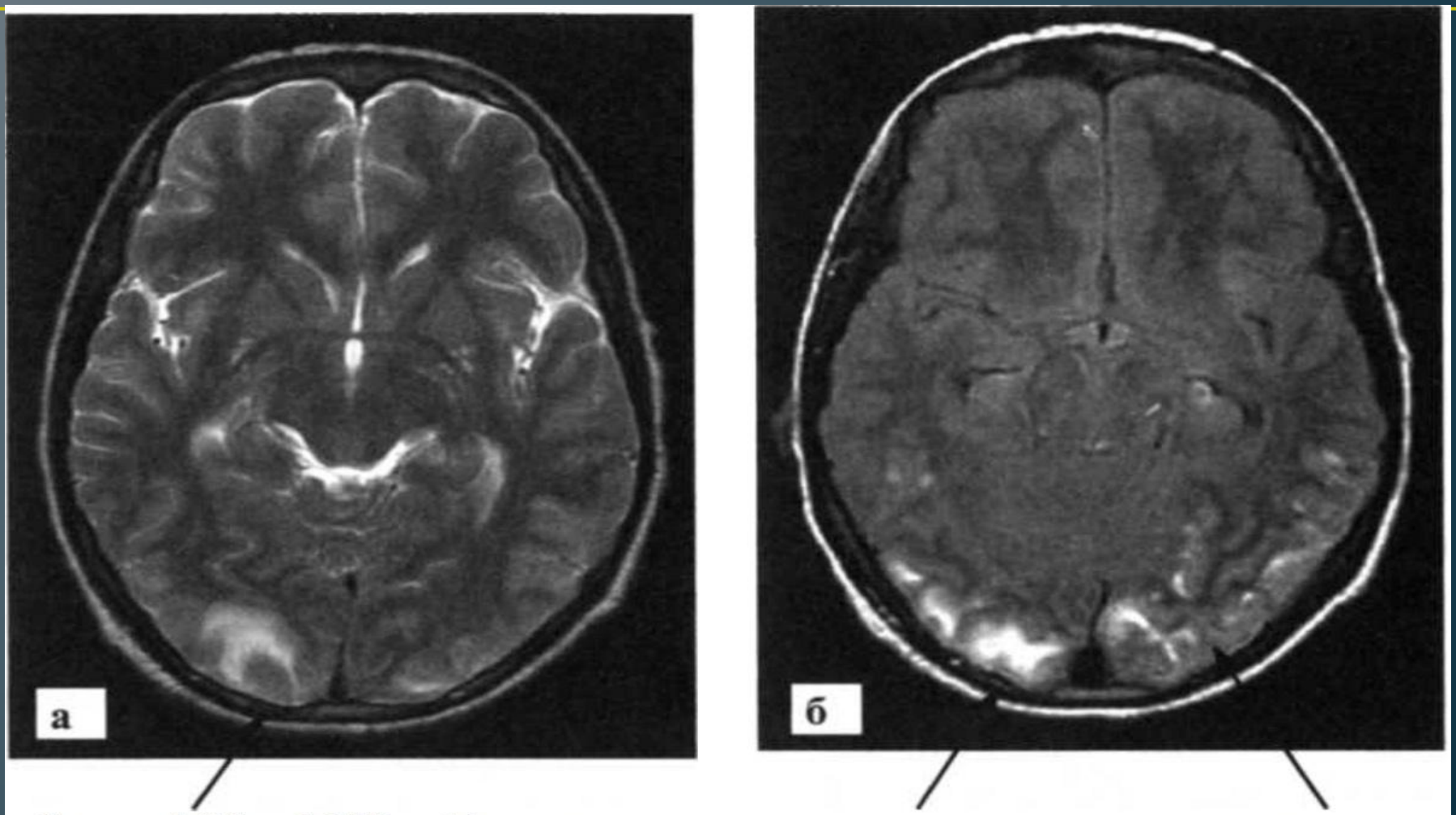


Рис. 4-27. МРТ. Поражение головного мозга при вирусном энцефалите: а – Т2-взвешенное изображение. Видны области измененной интенсивности сигнала в затылочных долях (стрелка); б – Т1-взвешенное изображение после контрастирования. Видны множественные участки накопления контрастного вещества в затылочных долях (стрелки), свидетельствующие об активном воспалении

Среди паразитарных инфекций чаще всего встречаются цистицеркоз и эхинококкоз. Для этих заболеваний характерно образование кист. В случае гибели паразита стенка кисты обызвествляется, что хорошо видно при КТ.

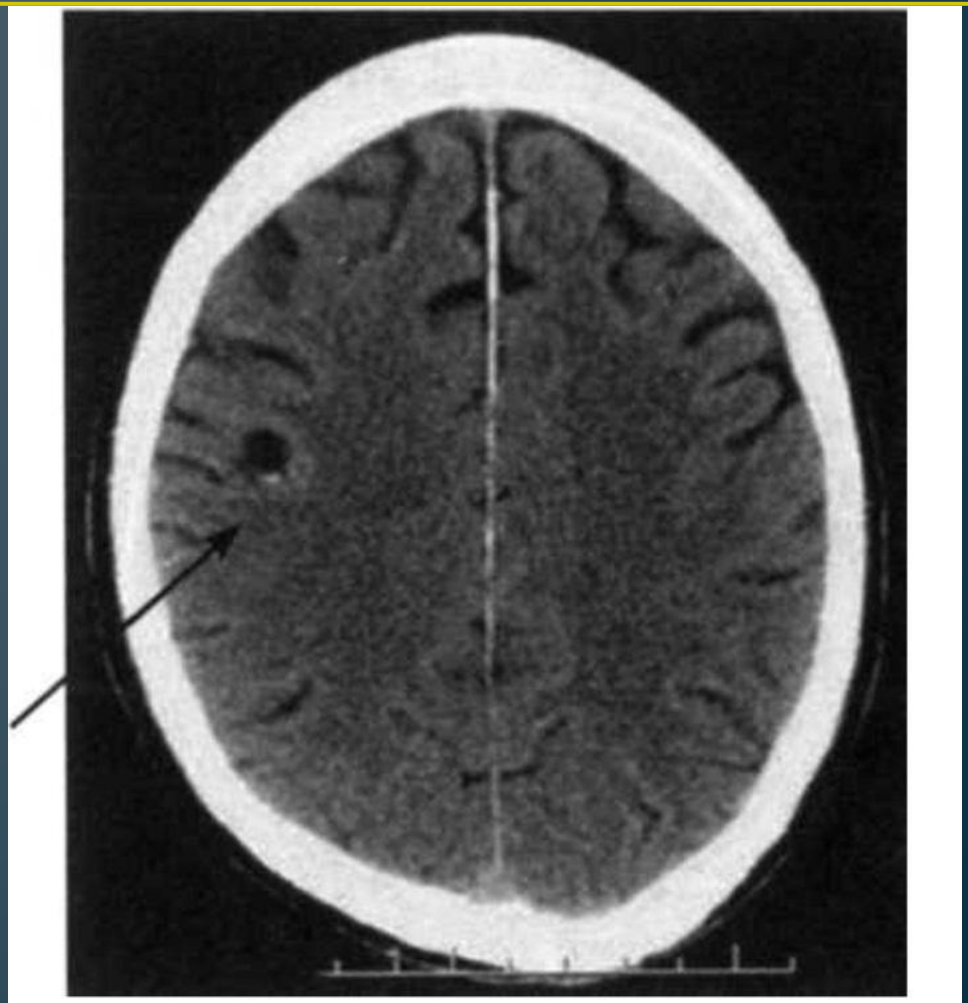


Рис. 4-28. Поражение головного мозга при цистицеркозе. КТ без контрастирования. В правой теменной доле видна небольшая киста (стрелка), содержащая кальцинированный узелок (погибшая личинка паразита)

Поражения белого вещества

- При описании поражений белого вещества головного мозга часто используют термин «демиелинизация».
- Одной из самых частых болезней белого вещества является рассеянный склероз. В типичных случаях рассеянный склероз достаточно просто распознать с помощью МРТ.

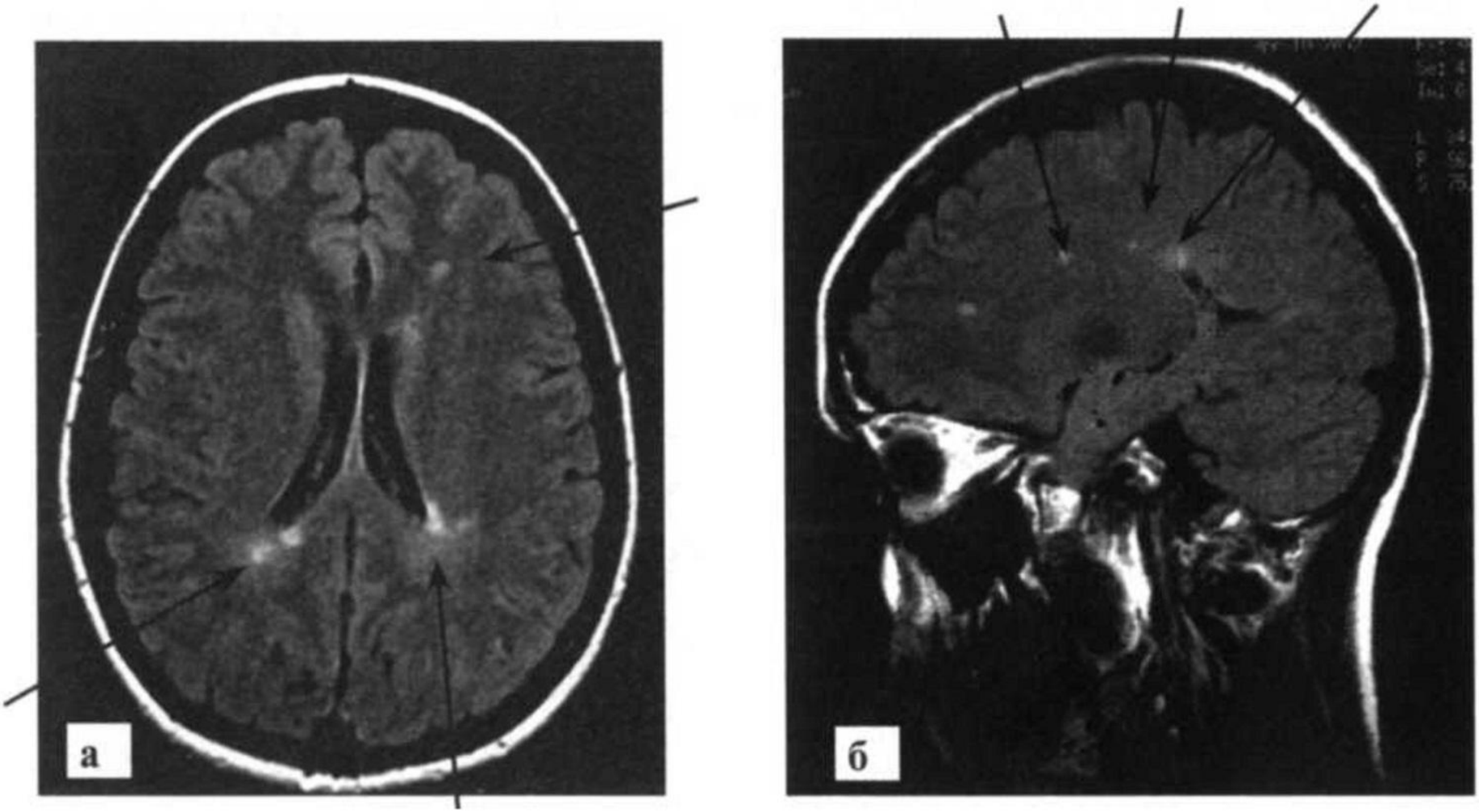
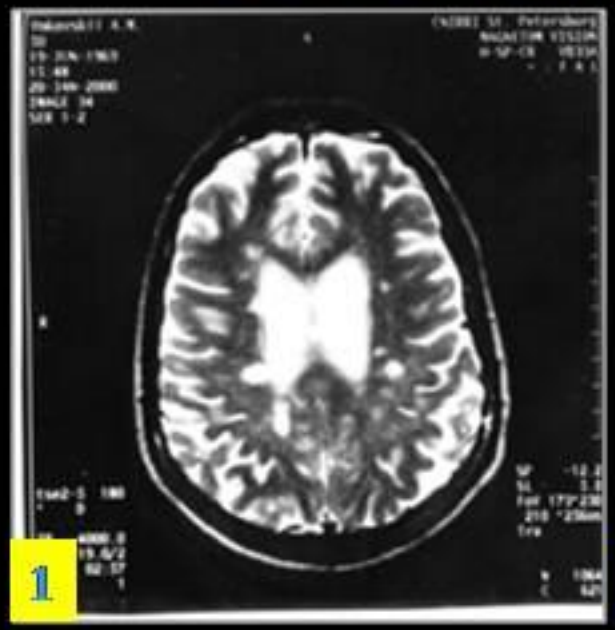
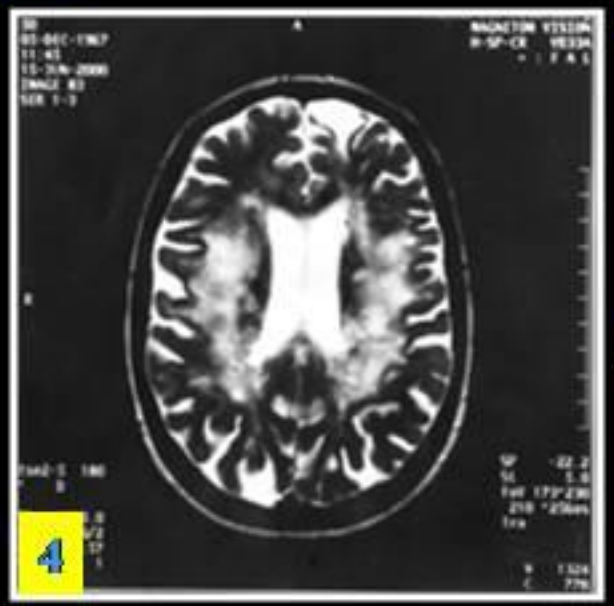


Рис. 4-29. МРТ головного мозга при рассеянном склерозе: а — Т2-взвешенное изображение, поперечный срез. Видны мелкие очаги повышенной интенсивности сигнала в обоих полушариях (стрелки); б — Т2-взвешенное изображение, парасагиттальный срез. Прослеживаются связь очагов (стрелки) с мозолистым телом и их ориентация по ходу волокон белого вещества

МРТ-ВАРИАНТЫ РАССЕЯННОГО СКЛЕРОЗА





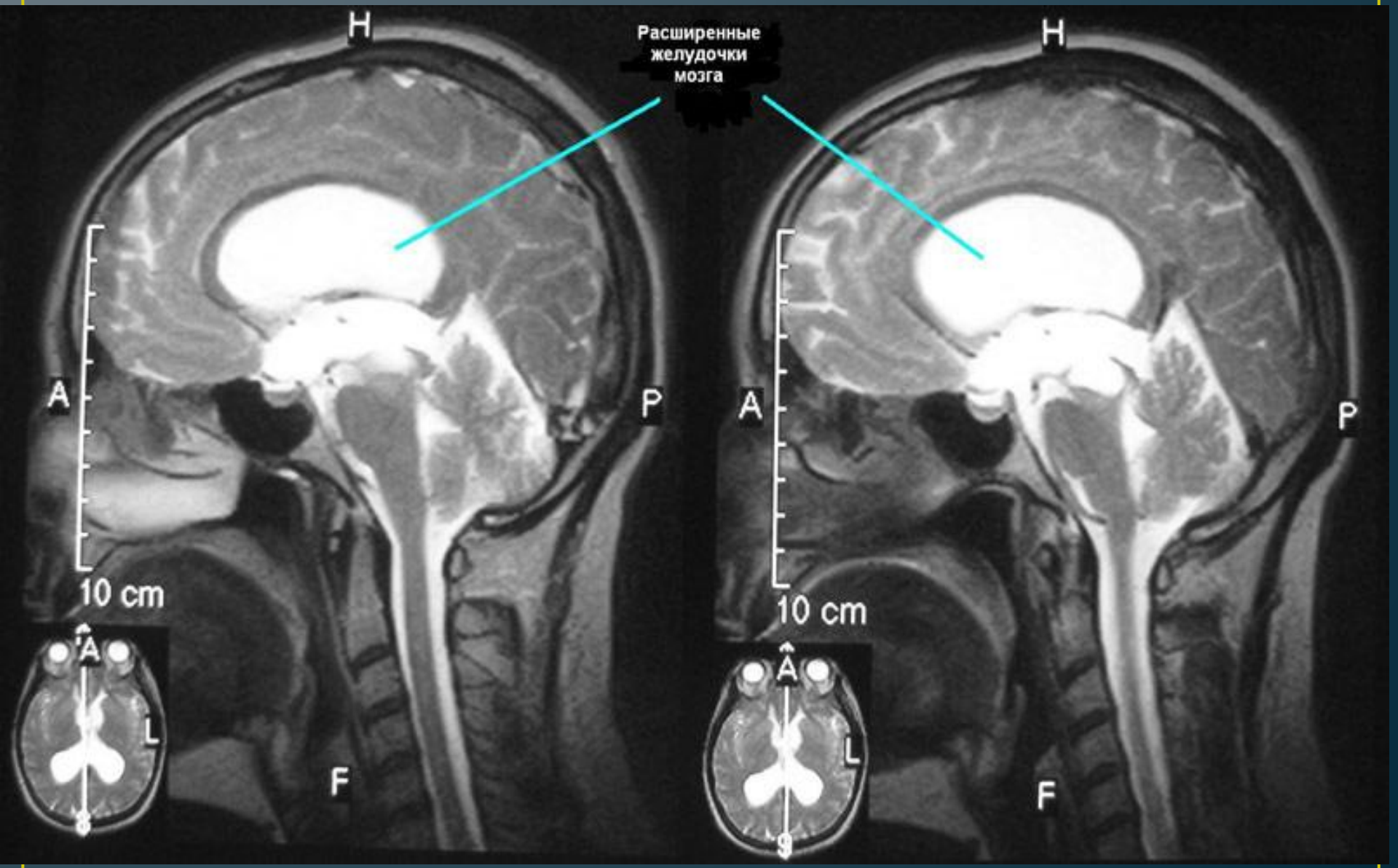
1 Хр. воспалительная демиелинизация (79%)

2 О. воспалительная демиелинизация (9%)

3 Мультифокально-дегенеративная лейкоэнцефалопатия (8%)

4 Мультифокально-диффузная лейкоэнцефалопатия (4%)

- Расширение ликворосодержащих пространств головного мозга называется гидроцефалией. Различают внутреннюю гидроцефалию (расширение желудочков мозга), наружную гидроцефалию (расширение субарахноидального пространства) и смешанную форму гидроцефалии. Кроме этого гидроцефалии подразделяют на окклюзионную и открытую. КТ и МРТ легко выявляют любую форму гидроцефалии и позволяют установить причину ее развития.


Расширенные желудочки мозга
H
A
P
10 cm
F
A
L
S
H
A
P
10 cm
F
A
L
S

Перивентрикулярный отек при гидроцефалии (указан стрелками): МРТ, FLAIR (T_2 с подавлением сигнала от свободной воды)

Спинной мозг

- В течение долгого времени единственной методикой исследования спинного мозга была рентгеновская миелография. Для этого в субарахноидальное пространство путем пункции в поясничной области вводили рентгеноконтрастное вещество.
- Вариантом рентгеновской миелографии является КТ-миелография. С ее помощью можно определить, чем именно вызван симптом «дефект наполнения».
- На сегодняшний день оптимальной является методика получения изображений спинного мозга с помощью МРТ.

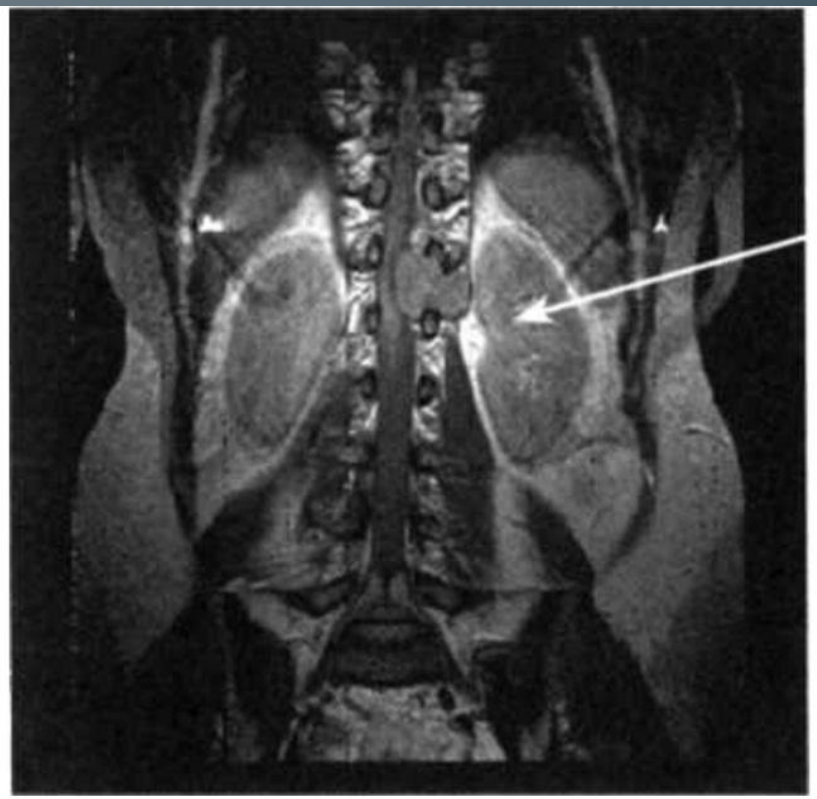
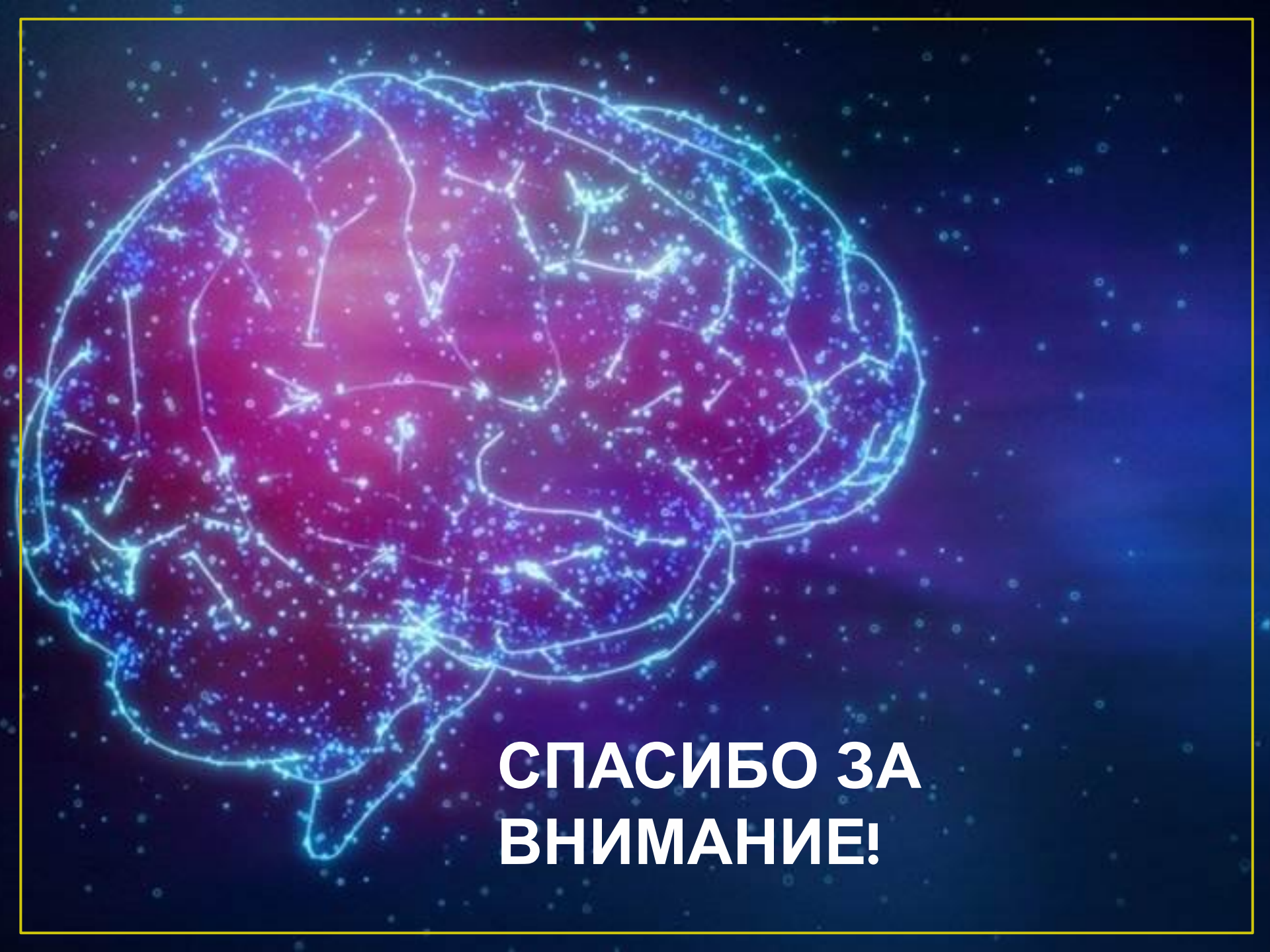


Рис. 4-30. МРТ. Фронтальный срез. Шваннома в нижнегрудном отделе по типу «песочных часов». Слева визуализируется объемное образование, накапливающее контрастный препарат, частично расположенное внутри позвоночного канала, частично — распространяющееся кнаружи через корешковое отверстие

Рис. 4-31. МРТ. Сагиттальный срез. Астроцитома грудного отдела спинного мозга. Спинной мозг увеличен в объеме за счет негомогенного интрамедуллярного образования, накапливающего контрастный препарат (стрелка)


СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!