

# Методы лучевой диагностики в неврологии



# Рентгенография , компьютерная и магнитно- резонансная томография

- Нейрорентгенология - часть общей рентгенологии, уделяющая основное внимание диагностическим исследованиям головного и спинного мозга. Методы современной диагностики заболеваний ЦНС можно разделить на три основные подгруппы: рентгенологические, методы с использованием МРТ и радиологические. Наиболее часто применяют первые две группы методов нейрорентгенологии.
- Спектр методов обследования больных с различными типами поражений ЦНС, существующий в настоящее время в арсенале нейрорентгенолога, весьма широк: от кранио- и миелографии, применяемых ещё с 1920-х гг., до новейших методик спиральной КТ и МРТ. Такие методы, как пневмоэнцефало-, миело- и цистернография и вентрикулография с воздухом, ушли в прошлое и представляют только исторический интерес. За последние десятилетия существенно сократилось применение таких рентгенологических методов, как кранио- и спондилография. Менее инвазивными стали церебральная ангиография и миелография за счёт применения малотоксичных водорастворимых неионных контрастных препаратов и использования цифровой обработки данных.

# Рентгенография

- Кранио- и спондилография - неинвазивные и простые методы рентгенологического исследования черепа и позвоночника, что позволяет использовать их даже в военно-полевых условиях (например, переносные рентгеновские аппараты, работающие на аккумуляторных батареях). Несмотря на то что в последнее время применение этих методов заметно сократилось, они по-прежнему остаются в арсенале нейрорентгенолога. Их используют как методы скрининга (при травме и др.), а также в диагностике заболеваний ЦНС, сопровождающихся специфическими костными изменениями.

# Краниография

- Краниография - важный метод диагностики обызвествлённых образований, расположенных в полости черепа. Образование петрификатов характерно для некоторых опухолей мозга (краниофарингиомы, олигодендроглиомы, менингиомы) и паразитарных заболеваний. Показанием к использованию рентгенологического метода, как и прежде, остаётся диагностика локальных и системных поражений костей свода черепа, лицевого скелета и позвоночника.
- К ним относят оценку состояния структур турецкого седла при аденомах гипофиза, гиперостозов при менингиомах, деструктивных костных поражений при метастазах, первичных новообразованиях и системных заболеваниях. Простота применения краниографии всё ещё позволяет использовать её как метод изучения динамики гидроцефалии и состояния черепных швов в детском возрасте. В широкой клинической практике мирного и (особенно) военного времени рентгенологические методы остаются первичными методами диагностики при травматических поражениях черепа и позвоночника.
- При первичной диагностике опухолевых образований головного мозга краниографию в настоящее время практически не применяют, она уступила место таким методам, как КТ и МРТ.

# Компьютерная томография в неврологии

- КТ - метод диагностики, основанный на рентгеновском излучении. Движение рентгеновской трубки томографа происходит по окружности, в центре которой расположен исследуемый объект. В отличие от нелинейной томографии, где рентгеновское излучение освещает весь объект, в КТ коллимированный пучок рентгеновских лучей проходит лишь через его тонкий слой. Изображения поперечных сечений головного мозга представлены в цифровом виде.

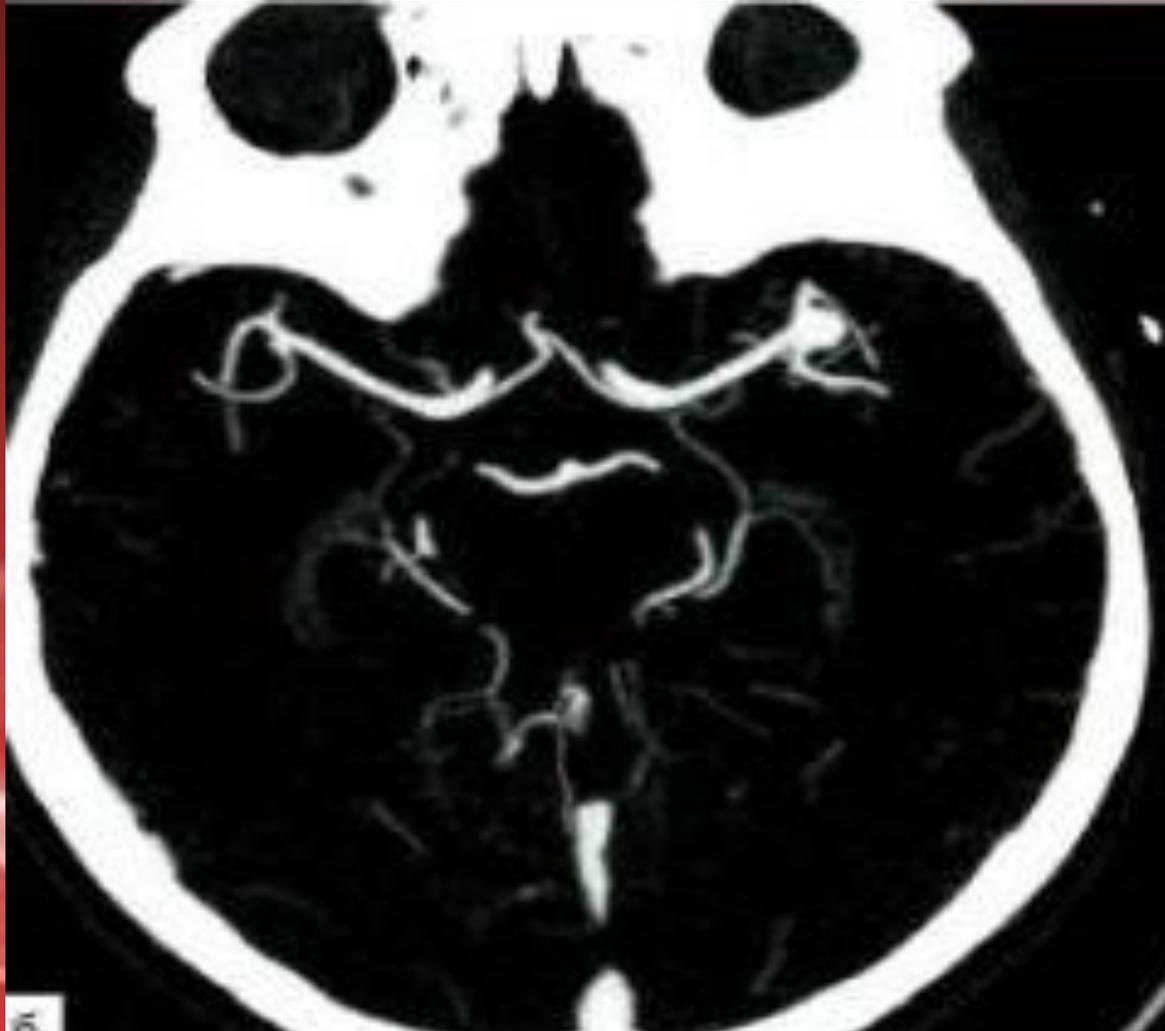
- В настоящее время КТ (послойная и объёмная) - один из наиболее широко распространённых методов визуализации патологических процессов в нейрорентгенологии. КТ применяют при обзорных исследованиях покровных тканей, костей черепа и позвонков, желудочков мозга и субарахноидальных пространств, паренхимы головного и спинного мозга. Все структуры на КТ - срезах имеют реальные размеры. Высокое быстродействие позволяет обследовать тяжёлых больных.
- С быстротой получения КТ -изображений при высоком качестве и разрешении в настоящее время не может соперничать ни один метод визуализации, даже сверхбыстрое МР-сканирование. Использование внутривенного контрастного усиления при КТ -обследовании пациентов с подозрением на объёмный процесс мозга - неотъемлемая часть протокола, существенно повышающая чувствительность метода при идентификации различных поражений.
- Спиральная КТ полностью заменила линейную томографию и успешно конкурирует с субтракционной ангиографией в выявлении сосудистой патологии, например мешотчатых аневризм. Метод спирального сканирования воплощён в миниатюрных интраоперационных спиральных КТ -сканерах для немедленной внутриоперационной оценки состояния операционной раны (например, для исключения гематомы) или остатков опухоли. Такие аппараты легко перемещать, они обладают минимальным рентгеновским воздействием на медицинский персонал.

- КТ-миелоцистернография - метод, сочетающий возможности КТ и миелографии. Его относят к инвазивным методам получения изображений, так как необходимо введение контрастного вещества в субарахноидальное пространство. В отличие от рентгеновской миелографии при КТ -миелографии требуется меньшее количество контрастного вещества. В настоящее время КТ -миелографию используют в стационарных условиях, чтобы определять проходимость ликворных пространств спинного и головного мозга, окклюзирующие процессы, различные типы назальной ликвореи, диагностировать кистозные процессы интракраниальной и позвоночно-паравerteбральной локализации.

- КТ-ангиография. В отличие от катетеризационной субтракционной церебральной ангиографии КТ -ангиографию сосудов головы и шеи можно проводить в амбулаторных условиях, так как контрастное усиление обеспечивают через кубитальную вену. Высокое разрешение спиральной КТ позволяет проводить построение объёмных (3D) моделей сосудистой системы (рис. 3-3) . По мере совершенствования аппаратуры скорость исследования постоянно сокращается. Так, время регистрации данных при КТ -ангиографии сосудов шеи и головного мозга на 6-спиральном сканере занимает от 30 до 50 с, а на 16-спиральном - 15-20 с. В настоящее время это исследование, включая 3D-обработку, проводят практически в реальном времени.



- *КТ -ангиография магистральных артерий шеи при стенозе начального сегмента внутренней сонной артерии и головы*



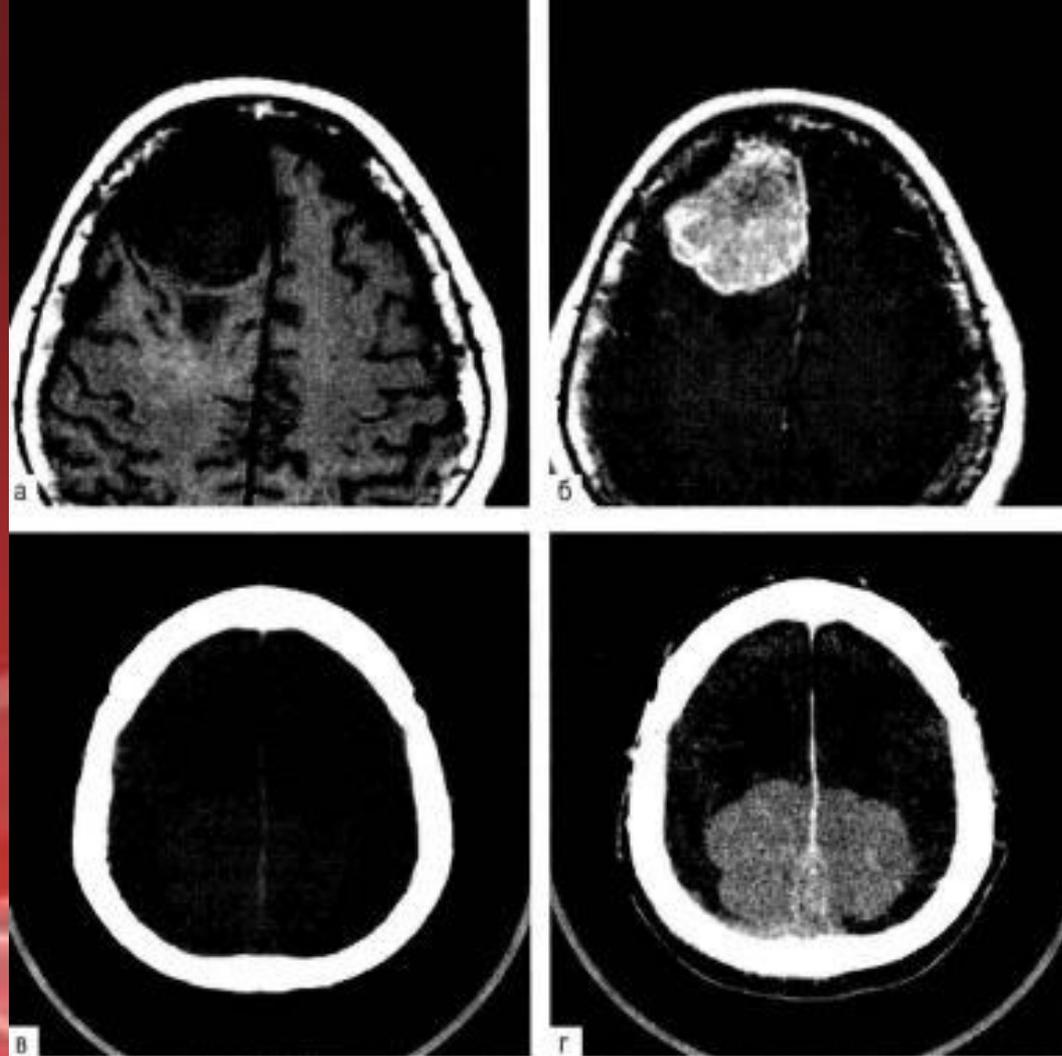
- *при мешотчатой аневризме левой средней мозговой артерии*



- *3D-реконструкция данных КТ-ангиографии : вид спереди на мешотчатую аневризму*

# Магнитно-резонансная томография в неврологии

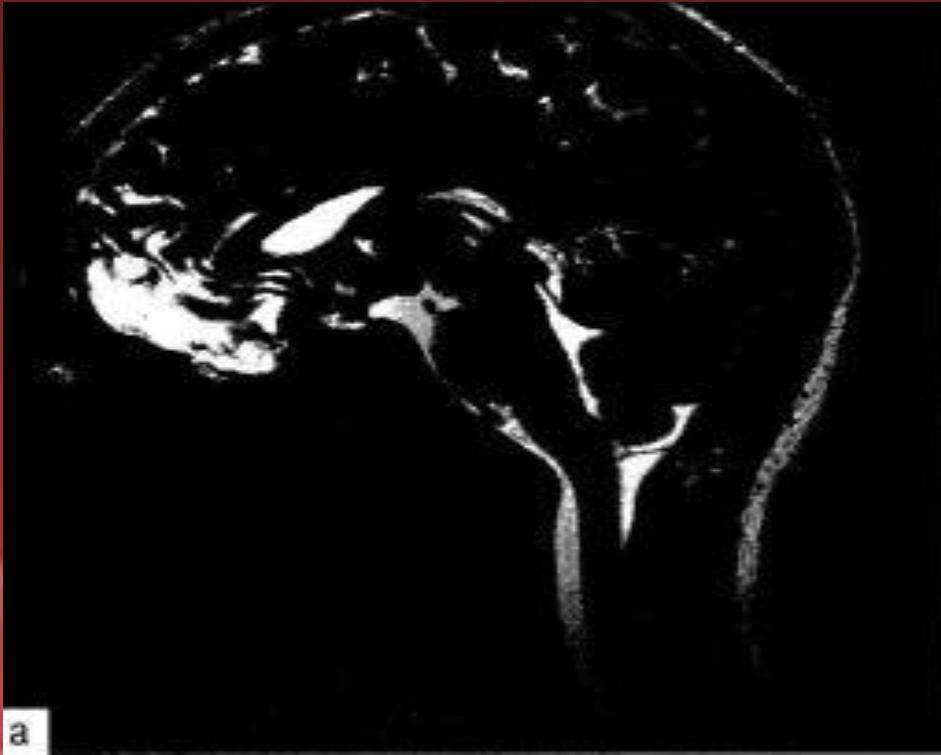
- В МРТ применяют дополнительное контрастирование тканей с помощью внутривенного введения контрастных препаратов. Действие контрастных веществ в МРТ основано на магнитных свойствах парамагнетиков и ферромагнетиков сокращать время T1- и T2-релаксации ткани. В качестве контрастных веществ используют соединения гадолиния. Внутривенное введение контрастного препарата приводит к усилению яркости сигнала на T1-МРТ от тканей, содержащих контрастное вещество.



- *МРТ до (а) и после (б) внутривенного контрастного усиления выявляет менингиому правой лобной парасагиттальной области. КТ до (в) и после (г) контрастирования: большая менигиома.*

# Магнитно-резонансные миелография и цистернография

- Неинвазивные методики, позволяющие получать высококонтрастные по отношению к веществу мозга изображения ликворных пространств без дополнительного контрастирования.
- Их применяют, чтобы изучить анатомию ликворных пространств в различных отделах ЦНС. Набор изображений, полученных в режиме последовательных МР-срезов, используют, чтобы построить дополнительные косые сечения и объёмное изображение (чаще используют Т2-режим и импульсную последовательность 2D, "быстрое спиновое эхо" ) или объёмную модель структур желудочковой системы.

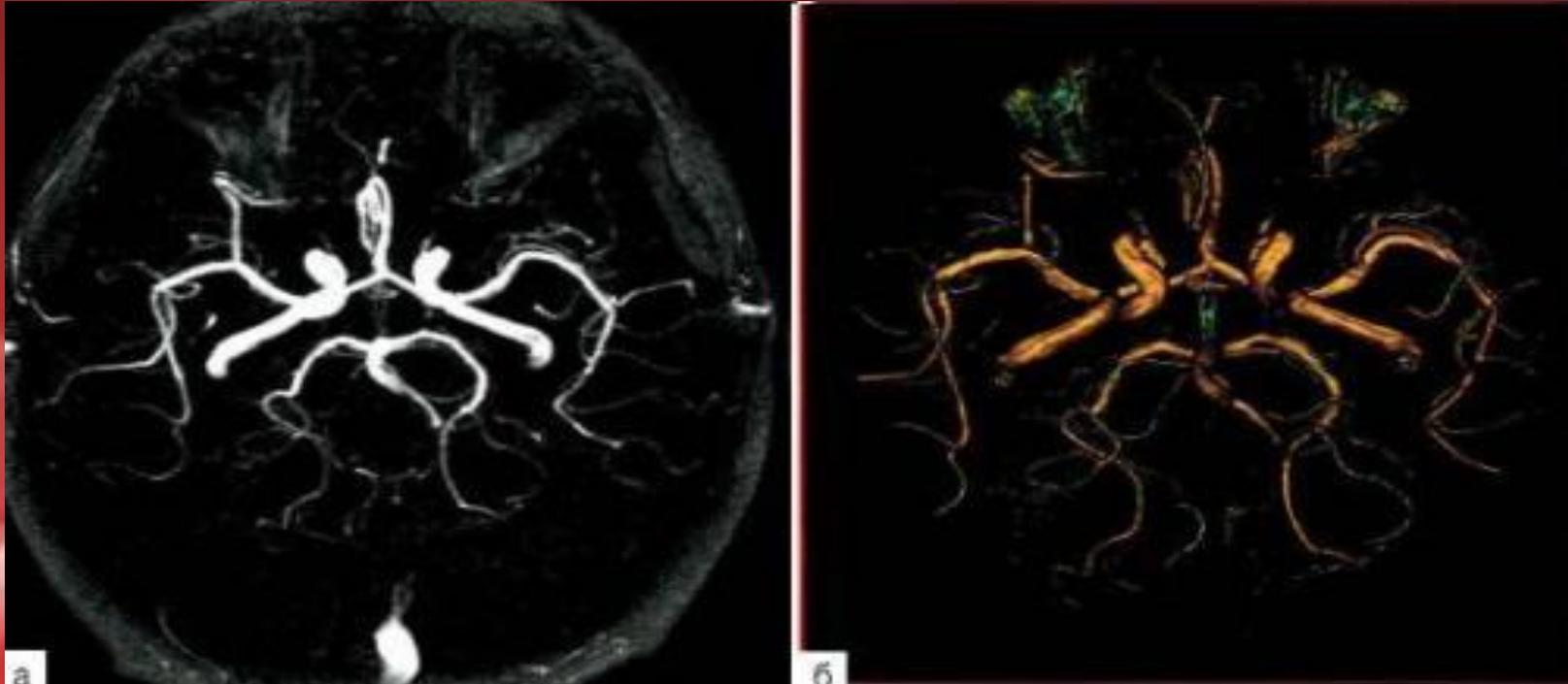


- *Магнитно-резонансная цистернография (а) и миелография (б).*

# Магнитно-резонансная ангиография

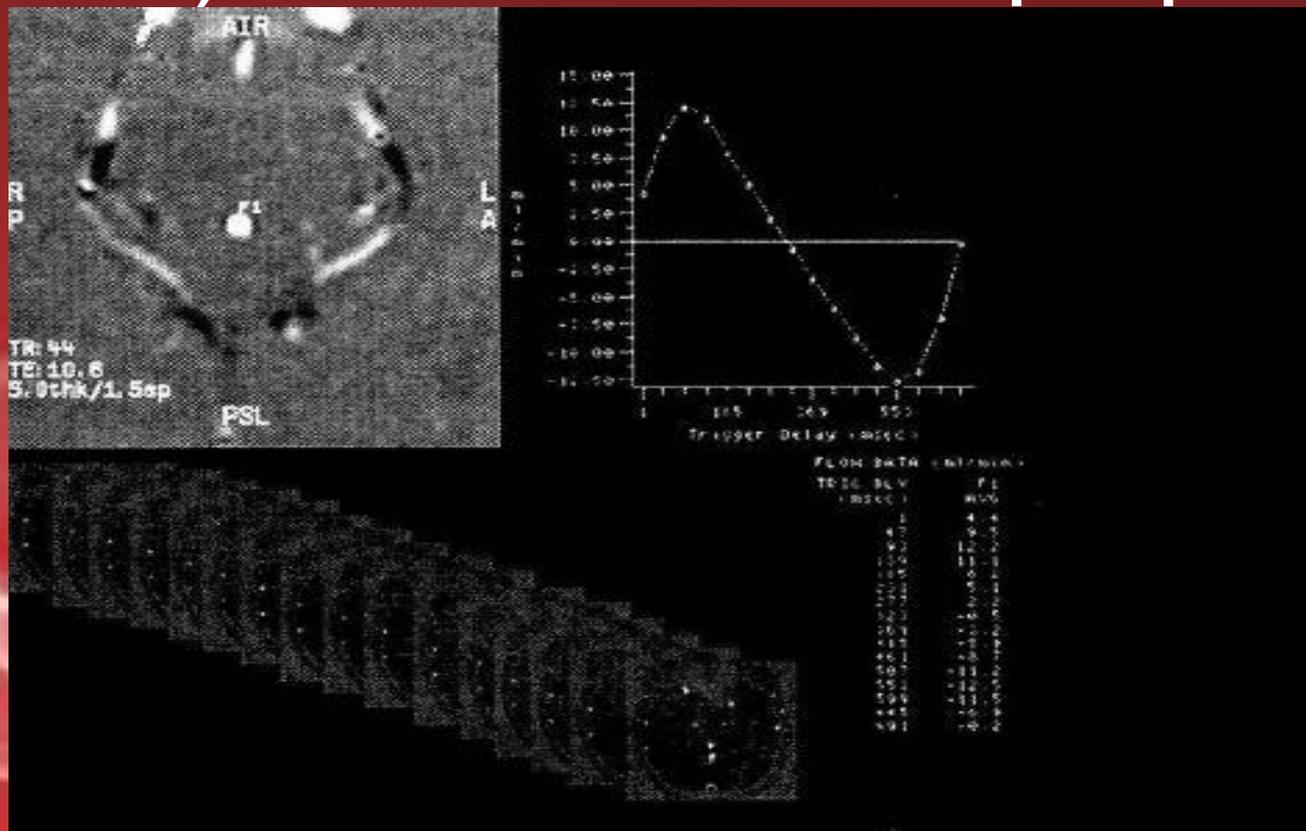
- **Магнитно-резонансная ангиография (МР-ангиография)** в отличие от спиральной КТ, обычной и цифровой субтракционной ангиографии позволяет визуализировать кровеносные сосуды даже без применения контрастного вещества.
- Исследование можно проводить в режимах 2D или 3D.
- 
- Дополнительное внутривенное контрастное усиление позволяет лучше визуализировать размеры и распространённость опухолей.
- МР-методы визуализации движущейся жидкости (крови) разделяют на три категории:

# времяпролетная МР-ангиография - TOF (Time of Flight), или T1- ангиография



*Времяпролётная T1 -МР-ангиография с подавлением сигнала от стационарных (мозговых) тканей. MIP-обработка (а) и Объёмная реконструкция (б) магистральных интракраниальных артерий.*

# фазово-контрастная МР-ангиография - РС (Phase Contrast), или Т2-ангиография;

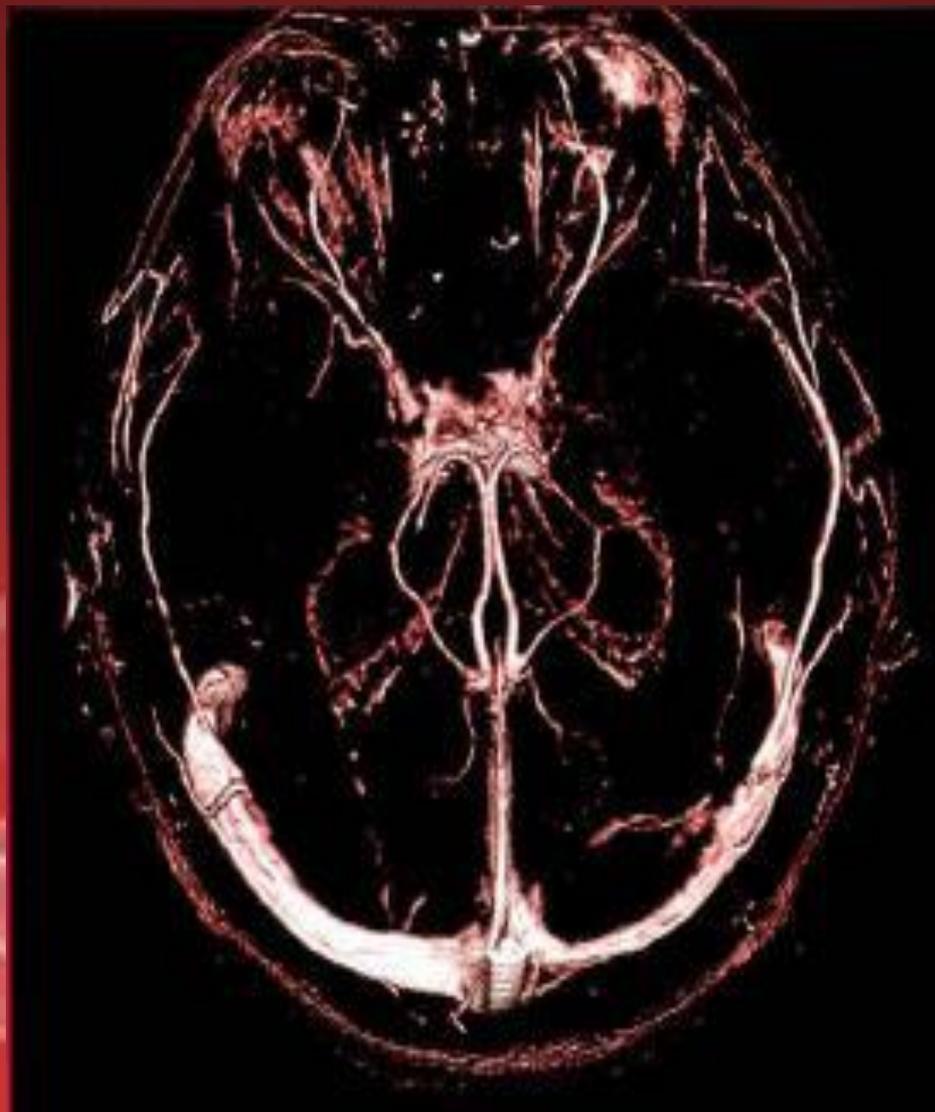


- Фазово-контрастная МР-ликворография, динамическая серия изображений карт скоростей потока в сечении головного мозга на уровне водопровода мозга, изменение скорости потока в водопроводе мозга, таблица значений объёмной скорости.

- Развитие визуализирующих технологий в нейрорентгенологии идёт по пути "от анатомии к функциям мозга". Анатомические срезы стандартных КТ и МРТ демонстрируют разные типы тканей: кровь, жировую ткань, белое и серое вещество мозга, мышцы и пр. Современные методы КТ и МРТ позволяют оценить скорость и ориентацию диффузионного движения молекул воды, "увидеть" ткани, отличающиеся по обменному взаимодействию протонов, транспорту ионов и молекул ( $K^+$ ,  $Na^+$ ), рН среды, активности фагоцитоза. По притоку обогащённой кислородом крови МРТ позволяет выявить области мозга с повышенной нейрональной и метаболической активностью, обнаружить участки нарушения гематоэнцефалического барьера, количественно оценить микроваскулярную проницаемость ткани, состояние рецепторов на поверхности клеток, гормональную активность, наличие в ткани определённого антигена, белковых структур и пр. Таким образом, с помощью КТ и МРТ стали осуществлять диагностику не только на клеточном, но и на молекулярном уровне. По этой причине диффузионную, перфузионную, функциональную МРТ и МР-спектроскопию относят к так называемым методам молекулярной визуализации.



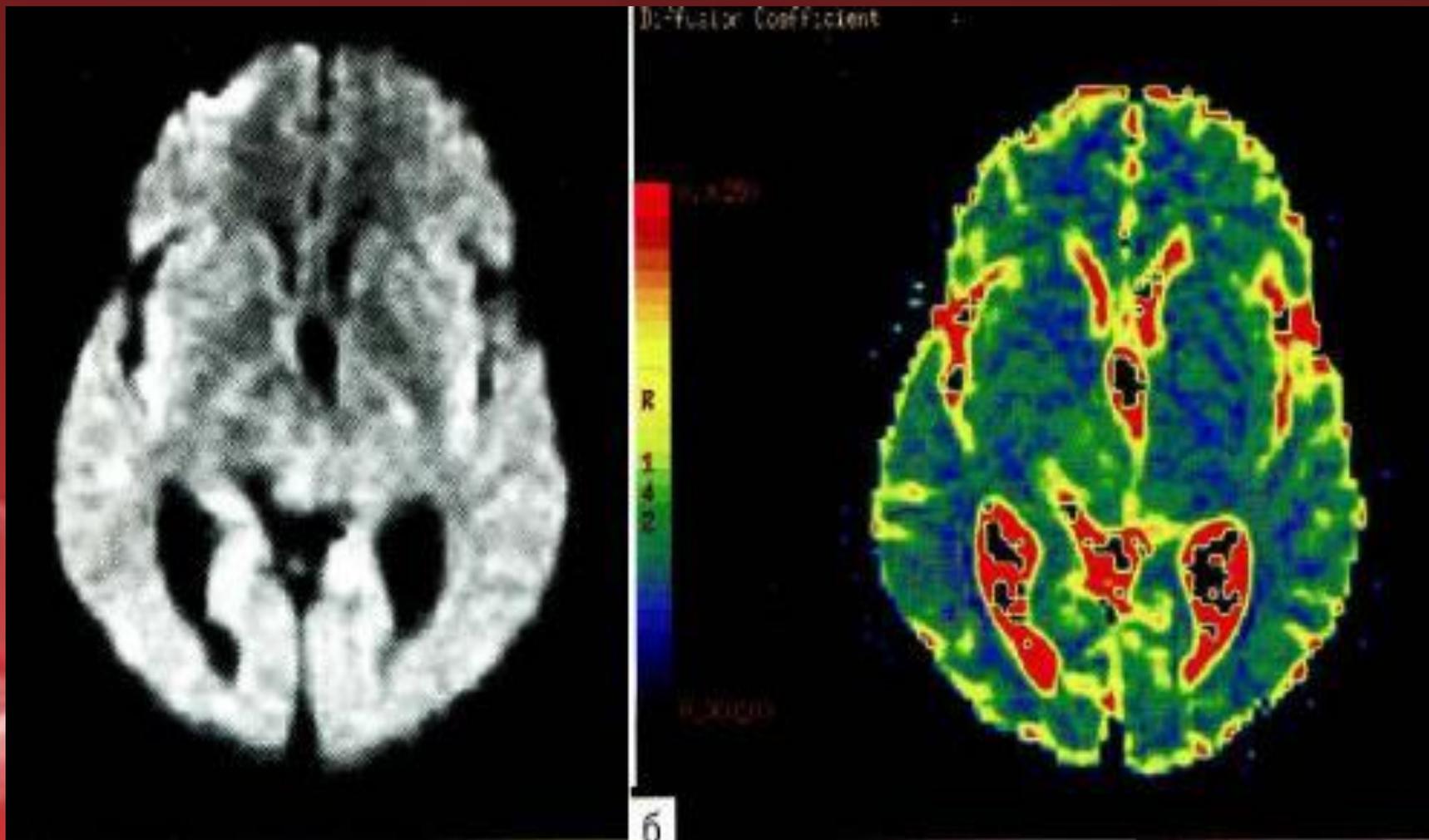
- *MR-ангиография с контрастным усилением. Магистральные сосуды головы от дуги аорты до большого круга основания мозга, вид спереди.*



- *MR-ангиография с контрастным усилением венозных образований ( венография) в полости черепа (3D-обработка).*

# Диффузионно-взвешенная МРТ

- Диффузия - основной физический процесс, происходящий в ходе метаболических реакций клетки. Первое диффузионно-взвешенное МР-изображение было построено в 1985 г. [Le Bihan D. et al., 1985]. В клиническую практику диффузионная МРТ пришла вместе с МРТ - сканерами III поколения. Для получения диффузионно-взвешенных томограмм используют эхопланарные импульсные последовательности "спиновое эхо" EPI с двумя диффузионными градиентами одинаковой амплитуды и длительности. Для количественной оценки диффузионных свойств воды в ткани строят параметрические диффузионные карты, на них цвет каждого пиксела соответствует измеряемому коэффициенту диффузии

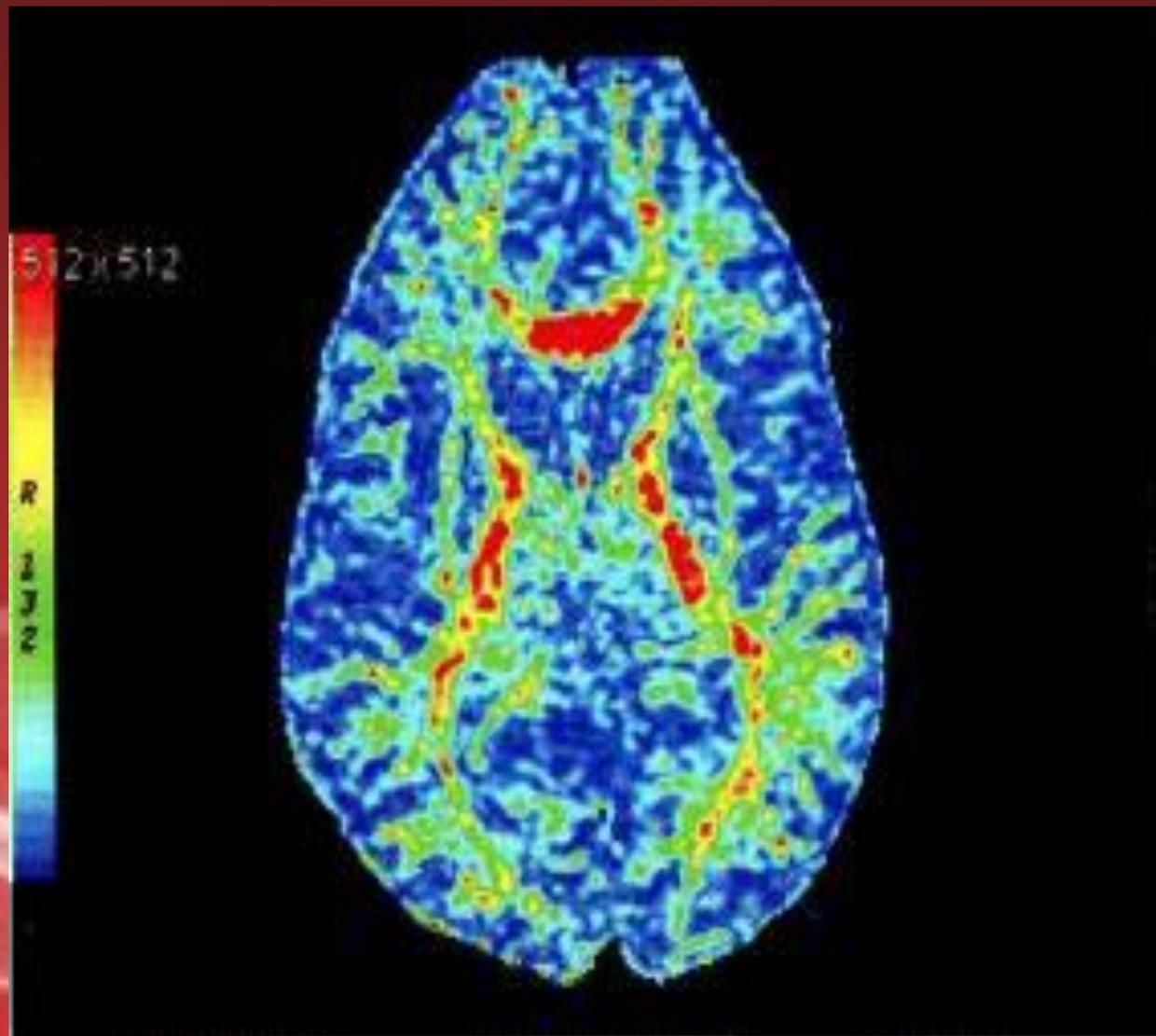


- Диффузионная МРТ. а - диффузионно-взвешенное изображение (комбинированное), полученное с фактором диффузии  $b = 1000$  с/мм<sup>2</sup>; б - диффузионная цветовая карта на этом уровне.

- На диффузионной карте ткани с высокой скоростью диффузии воды окрашены в красно-белые тона, ткани с низкой скоростью диффузии - в сине-чёрные.
- Зависимость диффузионной способности молекул от направления называют анизотропией диффузии. В белом веществе мозга молекулы воды легко диффундируют вдоль нервных волокон, но поперёк волокон их движение ограничено непроницаемой миелиновой оболочкой.

# Для визуализации анизотропии диффузии воды в ткани применяют диффузионно- тензорную МРТ.

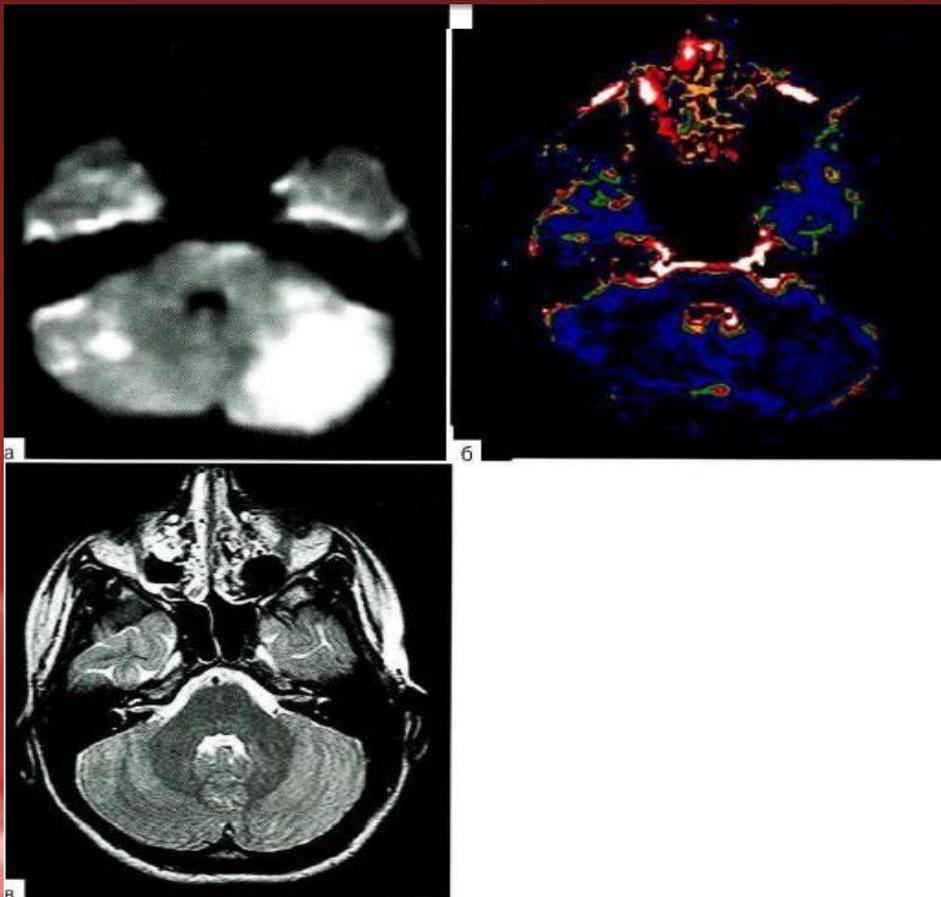
- В диффузионно-тензорной МРТ по ориентации эллипсоидов диффузии в вокселях определяют ход нервных волокон, образующих нервные тракты, соединяя друг с другом собственные векторы диффузионного тензора. Алгоритмы соединения довольно сложны, поэтому применяют различные методы расчёта, позволяющие "нарисовать" ход множества нервных волокон, образующих нервный тракт.
- Вследствие этого тензорную МРТ часто называют трактографией - методом визуализации хода нервных трактов. В простейшей форме частичная анизотропия диффузии кодируется цветом, а визуализация направлений диффузионного движения молекул воды в тканях осуществляется окрашиванием определённым цветом пикселей в зависимости от ориентации их собственного вектора (красным - по оси X, зелёным - по оси Y, синим - по оси Z)



- *Цветовая карта анизотропии.*

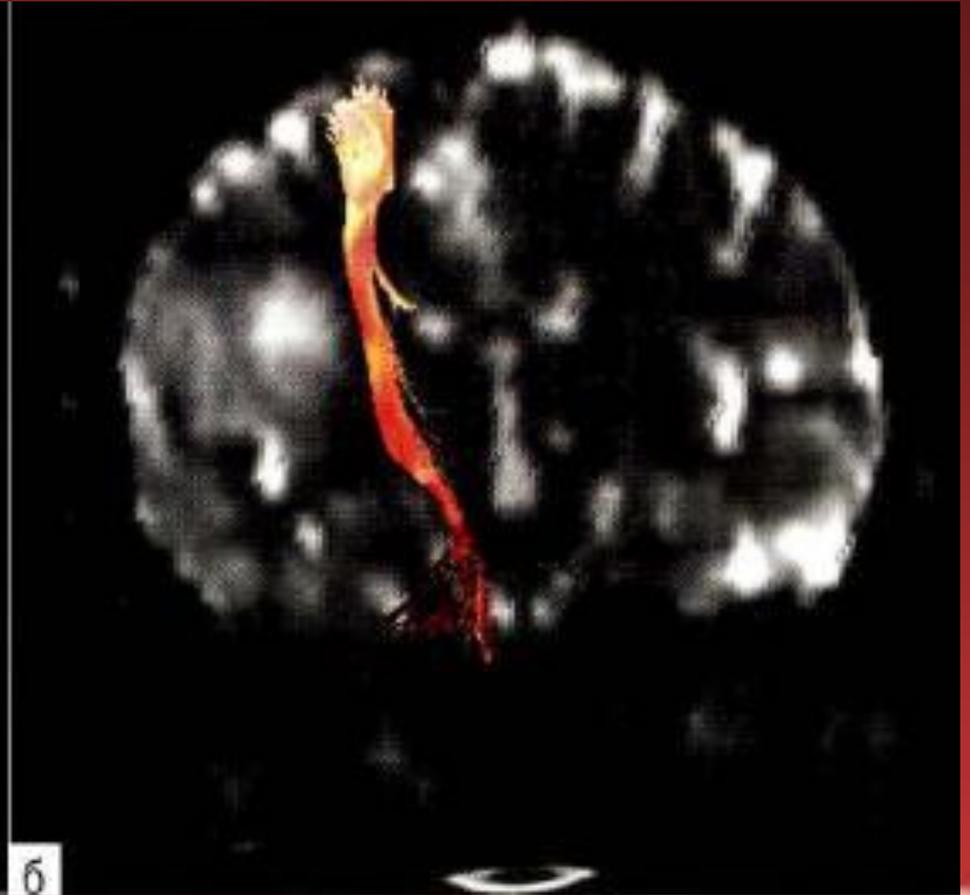
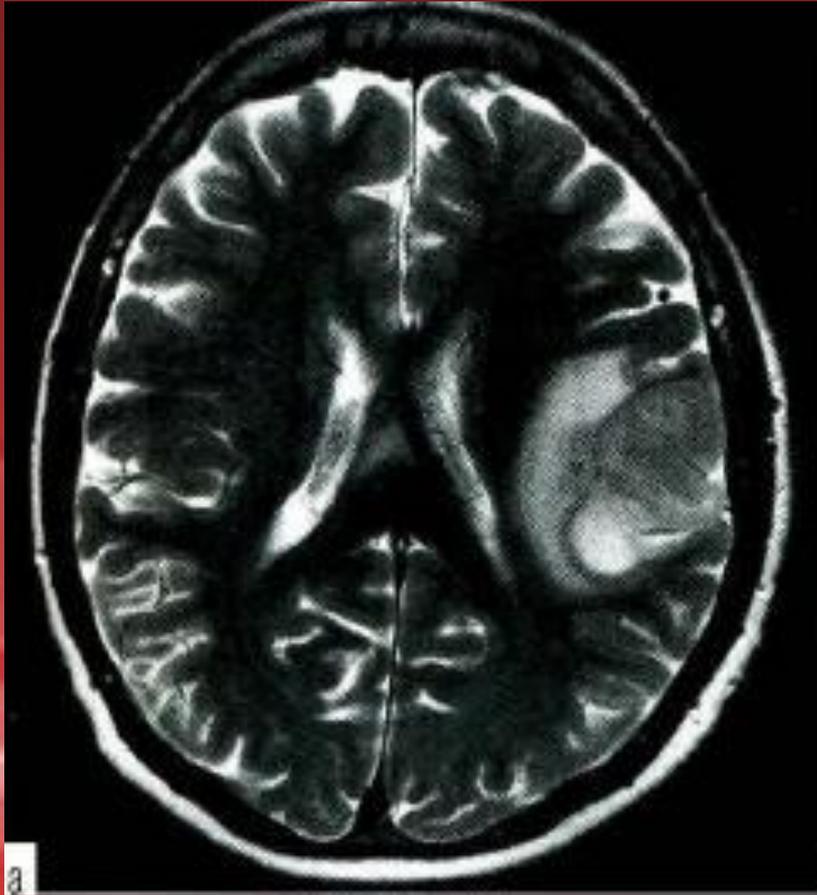
# Клиническое применение диффузионно-взвешенной и диффузионнотензорной МРТ.

- Снижение скорости измеряемого коэффициента диффузии в тканях мозга - чувствительный индикатор ишемических нарушений и степени тяжести ишемии [Moseley M., 1 995]. На сегодняшний день применение диффузионно-взвешенных изображений - один из наиболее быстрых и высокоспецифичных методов диагностики ишемического инфаркта мозга в ранних стадиях его развития (до 6 ч) , когда существует -"терапевтическое окно" для использования тромболизиса и частичного или полного восстановления кровотока в поражённых тканях мозга. В острой фазе мозгового инсульта на диффузионно-взвешенных изображениях зона поражения мозга имеет типично высокий МР-сигнал, тогда как нормальные ткани мозга выглядят тёмными. На картах измеряемого коэффициента диффузии - обратная картина (рис. 3-12) . Карты измеряемого коэффициента диффузии стали средством диагностики ишемии и динамического наблюдения за развитием острого нарушения мозгового кровообращения и последующей хронической дегенерации тканей, вызванной ишемией. Неинвазивность и быстрота применения диффузионно-взвешенных изображений определяют главенствующее значение метода в первичной диагностике ишемического поражения мозга.

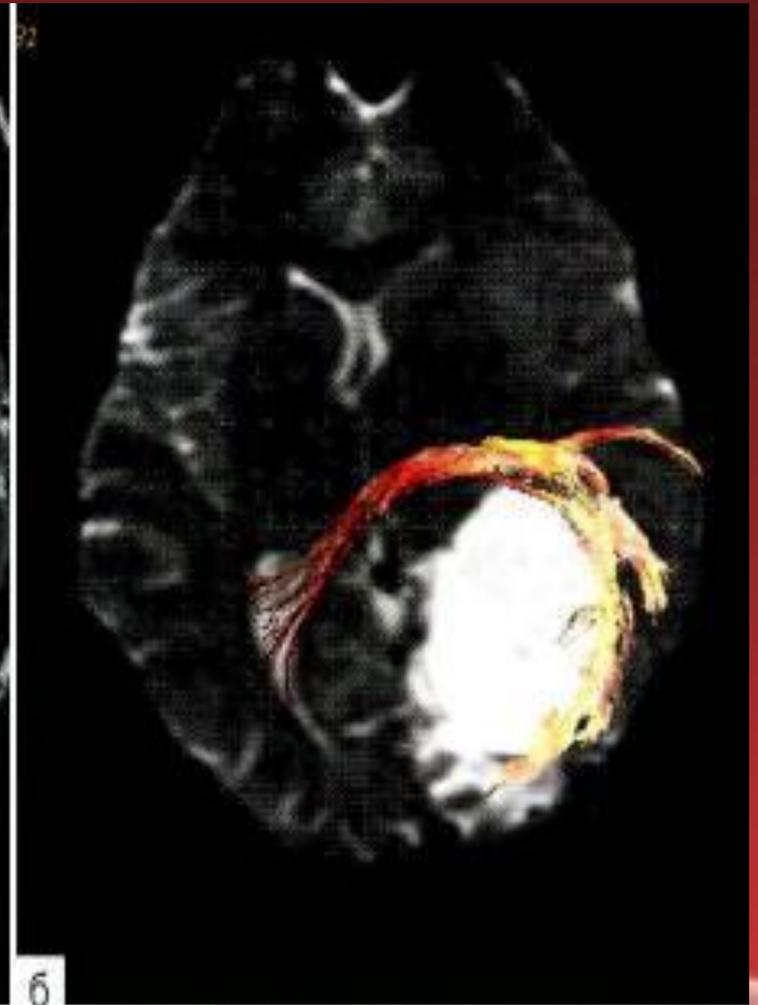


- Острейшая фаза (3 ч) мозгового инсульта в вертебробазиллярной системе. На диффузионно-взвешенном изображении нормальные ткани мозга выглядят тёмными, зоны поражения в обеих гемисферах мозжечка ( $D > S$ ) имеют типично высокий МР-сигнал (а); на диффузионной цветовой карте - обратная картина (б); на мр-томограмме в режиме T2 зона поражения ещё не видна (в).

- Неоценимую информацию за столь короткое время сканирования применение диффузионно-взвешенные изображения дают при диагностике воспалительных поражений головного мозга и позвоночника (например, абсцессы мозга, эмпиема) . Гнойное содержимое абсцесса характеризуется высоким МР-сигналом и легко визуализируется на любом этапе лечения, включая послеоперационный.
- Особенности структурной организации некоторых новообразований головного мозга, в частности менингиом и невриномах, дают возможность при применении диффузионно-взвешенных изображений с высокой достоверностью прогнозировать гистологический тип опухоли ещё перед операцией. На основе данных этого метода точно дифференцируют эпидермоидные и арахноидальные кисты. Трактография - новая и многообещающая методика, позволяющая неинвазивно "увидеть" проводящие пути головного мозга



- *а - МРТ в режиме T2, аксиальная проекция: глиобластома левой височной доли; б - построение хода кортикоспинального тракта показывает его расположение по отношению к зоне опухолевой инфильтрации.*

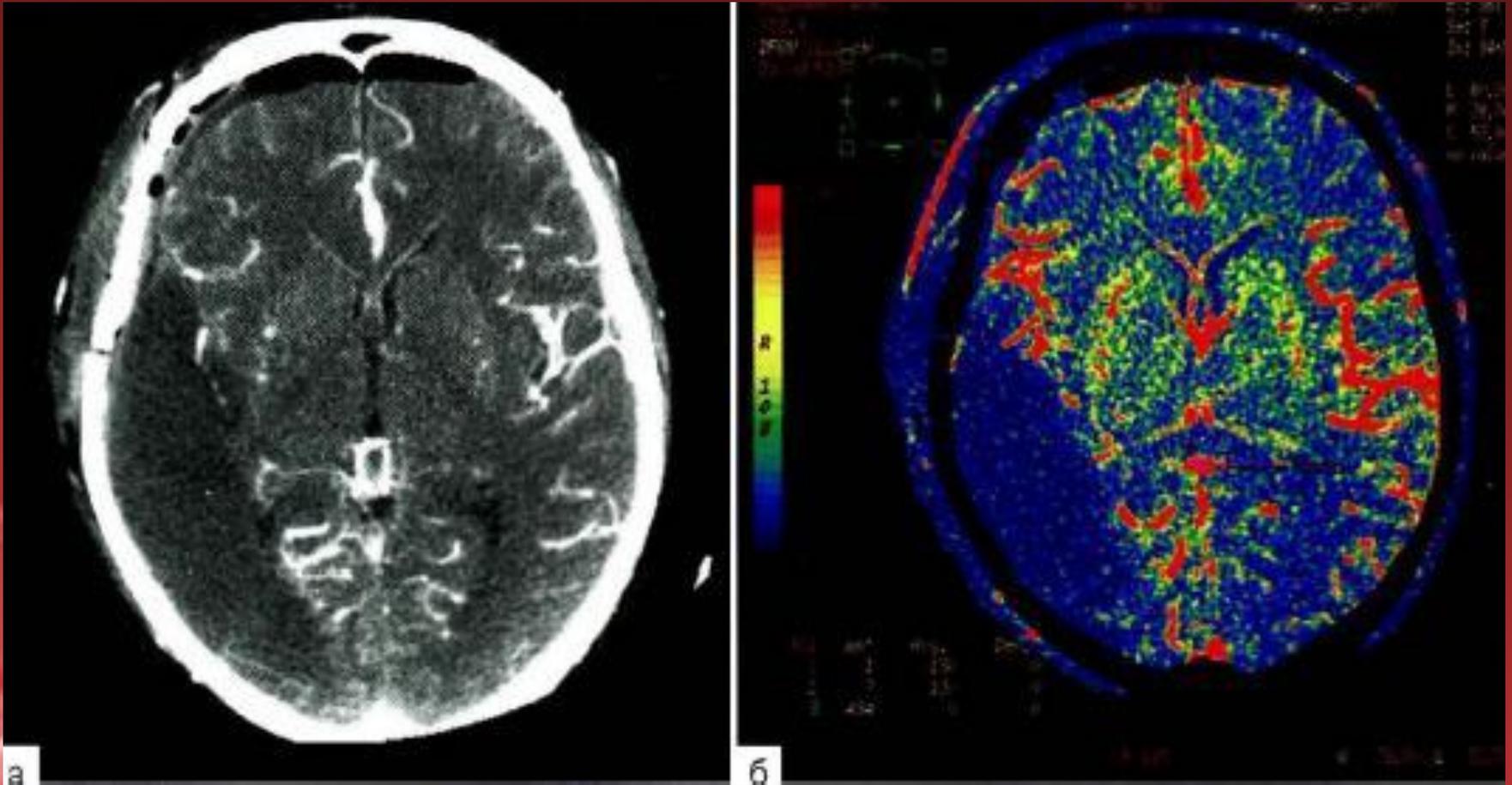


- *МР-трактография. а - МРТ в режиме T2, аксиальная проекция: астроцитома правой затылочной доли и ; б - трактография, дислокация пучков зрительной радиации опухолью латерально.*

# Перфузионные исследования

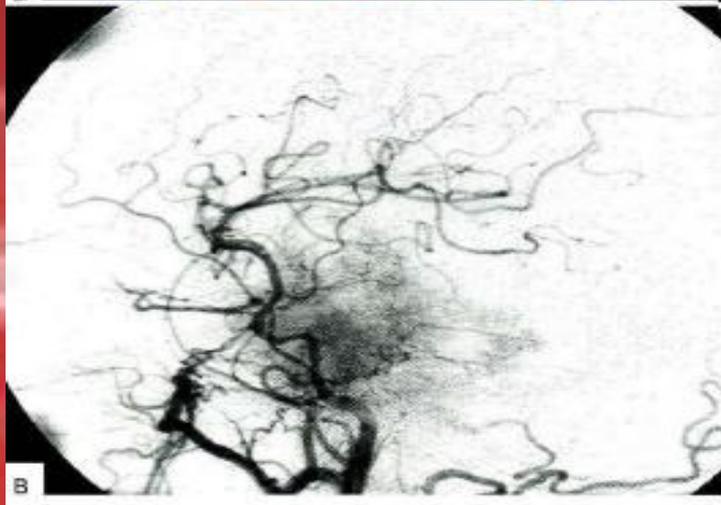
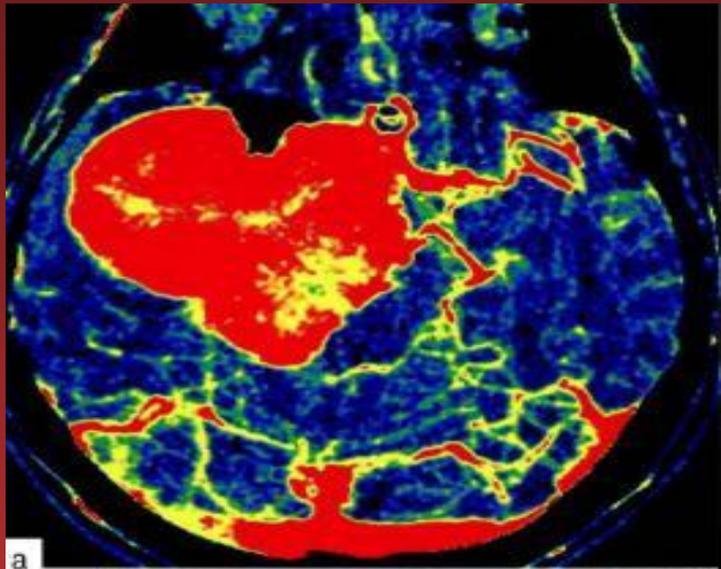
- С помощью методов исследования перфузии рассматривают и количественно оценивают движение крови.
- К современным количественным методам исследования мозговой гемодинамики относят МРТ, спиральную КТ с контрастным усилением, КТ с ксеноном, однофотонную эмиссионную КТ И позитронно-эмиссионную томографию (ПЭТ).
- Преимущества малоинвазивных КТ - и МРТ -методов - минимальная инвазивность, высокая чувствительность в оценке тканевой микроциркуляции, высокая разрешающая способность, короткое время исследования в рамках стандартных протоколов и, наконец, воспроизводимость результатов с течением времени - очевидны. Наибольшее распространение в нейрорентгенологии получили перфузионные исследования на основе внутривенного введения болюса контрастного препарата (КТ и МРТ) . ДЛЯ количественной оценки используют основные гемодинамические тканевые характеристики: мозговой кровоток (СВФ) , объём мозгового кровотока (СВV) , среднее время транзита крови (МТТ).

- **Клиническое применение перфузионных КТ и МРТ.** В настоящее время перфузионные исследования проводятся, чтобы оценить гемодинамику опухолей головного мозга при дифференциальной диагностике поражений мозга, проводить мониторинг состояния опухоли после лучевой терапии и химиотерапии, диагностировать рецидив опухоли и/или лучевой некроз, ЧМТ, заболевания и повреждения ЦНС (ишемия/гипоксия, окклюзирующие заболевания магистральных артерий головы, заболевания крови, васкулиты, болезнь мойя-мойя и др.) .
- К перспективным направлениям относят использование перфузионных методов при эпилепсии, мигрени, вазоспазме, различных психических заболеваниях. КТ- и МР-перфузионные карты позволяют количественно характеризовать зоны гипер- и гипоперфузии, что особенно важно для диагностики опухолевых и цереброваскулярных заболеваний.
- На первом месте по частоте использования перфузионных методов стоят ишемические поражения мозга. В настоящее время перфузионно-взвешенные изображения - неотъемлемая часть диагностического протокола у больного с подозрением на церебральную ишемию. Впервые клинически метод применили у человека именно для диагностики инсульта. На современном этапе перфузионная КТ /МРТ - пожалуй, единственный метод ранней верификации ишемии мозга, способный уловить снижение кровотока в зоне поражения уже в первые минуты после появления неврологических симптомов



- Острая ишемия в бассейне средней мозговой артерии слева ( как осложнение после клипирования мешотчатой аневризмы бифуркации правой средней мозговой артерии ) . а - аксиальный срез из набора данных КТ-перфузии; б - карта мозгового кровотока. Продемонстрирован обширный участок отсутствия кровотока в конвекситальных отделах правой височно-теменной области.

- В нейрохирургии перфузионно-взвешенные изображения в основном используют для того, чтобы провести первичную дифференциальную диагностику степени злокачественности внутримозговых новообразований головного мозга, в частности глиом. Следует помнить, что перфузионная МРТ и КТ не позволяют дифференцировать опухоли по их гистологической принадлежности, а тем более оценивать распространённость опухоли в мозговом веществе. Наличие очагов гиперперфузии в структуре астроцитомы предполагает повышение степени злокачественности поражения. Это основано на том, что при новообразованиях тканевая перфузия характеризует развитие аномальной сосудистой сети (ангиогенез) в опухоли и её жизнеспособность. Наличие аномальной сосудистой сети в опухоли может свидетельствовать об агрессивности последней. И наоборот, снижение перфузии в опухолевой ткани под действием радио- или химиотерапии может указывать на то, что достигнут лечебный эффект. Использование перфузионно-взвешенных изображений для выбора цели при стереотаксической пункции оказало большую помощь, особенно в группе глиом, характеризующихся полным отсутствием контрастного усиления при стандартных КТ и МРТ. При оценке гистологического типа новообразования и распространённости немозговых объёмных поражений в полости черепа возможности перфузионно-взвешенных изображений выше, чем при внутримозговых опухолях. С помощью перфузионно-взвешенных изображений успешно дифференцируют менингиомы и невриномы мостомозжечкового угла по характерно высоким показателям гемодинамики у первого типа. Существует чёткая корреляция между локальным кровотоком и данными прямой церебральной ангиографии в группе больных с менингиомами.



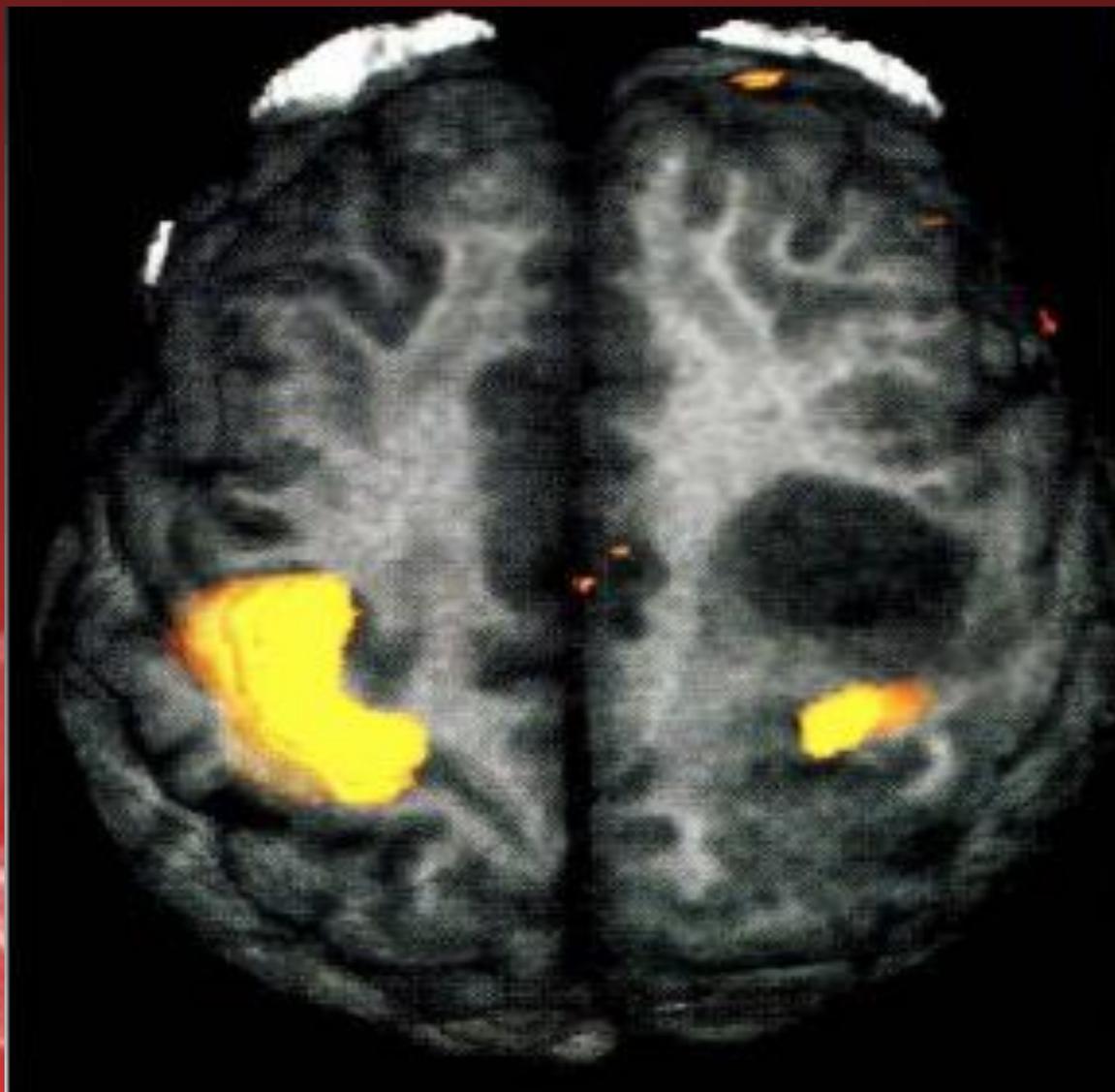
- Перфузионная КТ. Карта кровотока у больного с большой менингиомой средней черепной ямки. а - объём мозгового кровотока; б - КТ с контрастным усилением; в - церебральная ангиография (боковая проекция). Определено выраженное повышение объёма мозгового кровотока в опухолевой ткани в соответствии с обильным кровоснабжением опухоли на ангиографии.

# Функциональная магнитно-резонансная томография

- Функциональная МРТ основана на усилении кровотока в мозге в ответ на увеличение нейрональной активности коры при действии соответствующего раздражителя.
- Картирование активности мозга позволяет выявить области нейрональной активации, возникающие в ответ на стимуляцию (моторные, сенсорные и другие раздражители).

# Клиническое применение функциональной МРТ.

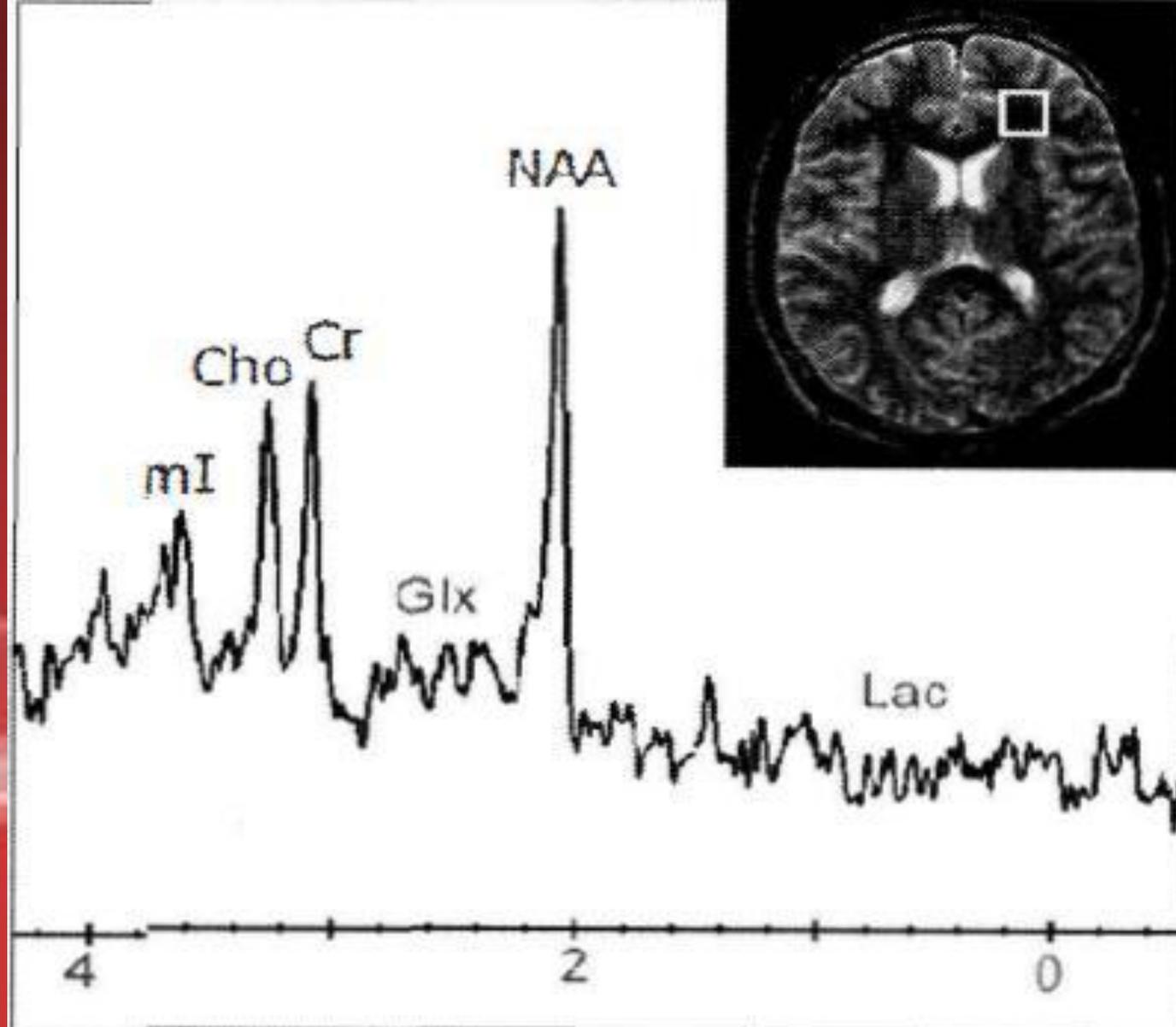
- Картирование зон нейрональной активности мозга позволяет спланировать хирургический подход и исследовать патофизиологические процессы головного мозга. Метод применяют в нейропсихологии при изучении когнитивных функций головного мозга. Он перспективен для выявления очагов эпилепсии.
- Использование функциональной МРТ стало в настоящее время неотъемлемой частью МРТ - протокола у больных с опухолями головного мозга, расположенными около функционально значимых зон коры головного мозга



- *Функциональная МРТ: карта нейрональной активности при активации моторных центров коры мозга у больного с внутримозговой опухолью левой парацентральной зоны.*

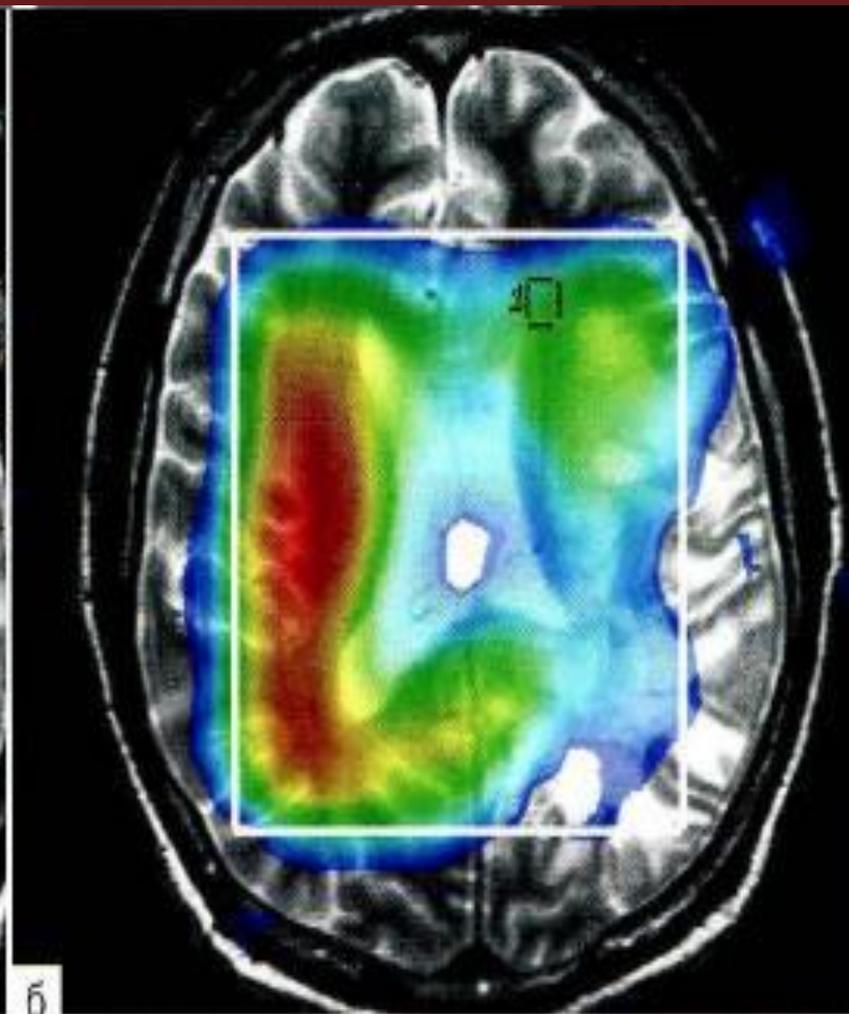
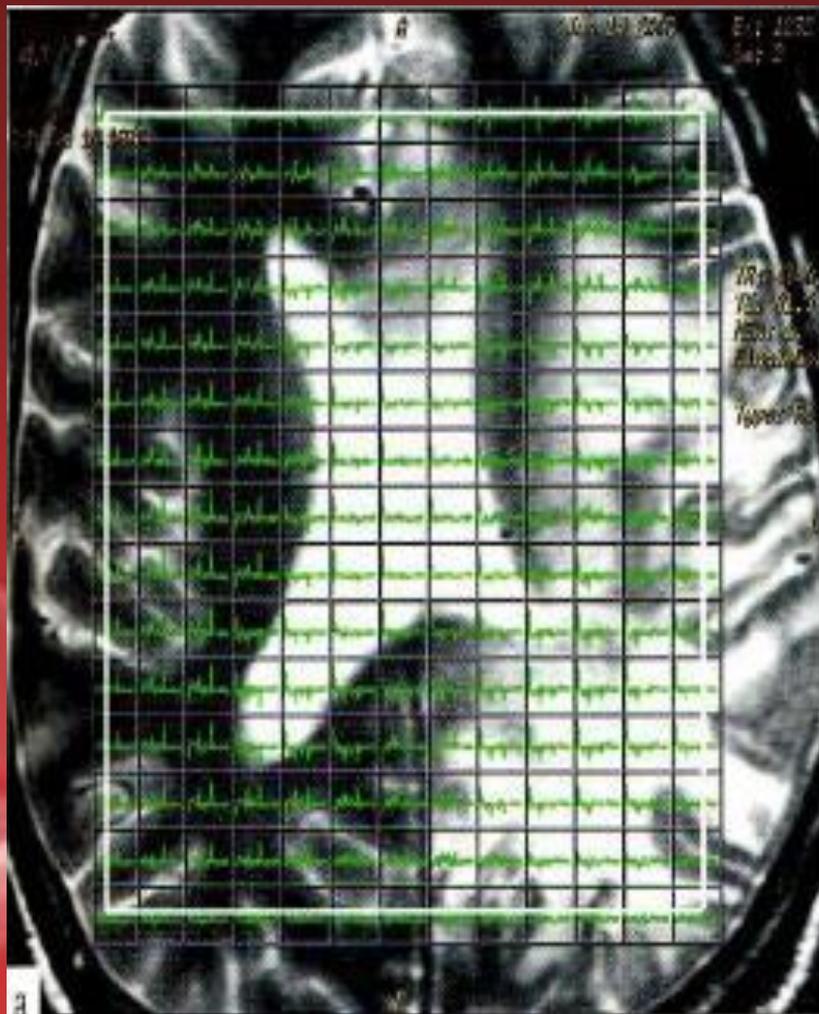
# Магнитно-резонансная спектроскопия

- Магнитно-резонансная спектроскопия (МР-спектроскопия) позволяет неинвазивно получить информацию о метаболизме мозга. Протонная  $^1\text{H}$  - МР-спектроскопия основана на "химическом сдвиге" - изменении резонансной частоты протонов, входящих в состав различных химических соединений. Этот термин ввел N. Ramsey в 1951 г., чтобы обозначить различия между частотами отдельных спектральных пиков. Единица измерения "химического сдвига" - миллионная доля (ppm). Приводим основные метаболиты и соответствующие им значения химического сдвига, пики которых определяются *in vivo* в протонном МР-спектре:
  - NAA - N-ацетиласпартат (2,0 ppm);
  - Cho - холин (3,2 ppm);
  - Cr - креатин (3,03 и 3,94 ppm );
  - ml - миоинозитол (3,56 ppm);
  - Glx - глутамат и глутамин (2,1 -2,5 ppm);
  - Lac - лактат (1,32 ppm );
  - Lip - липидный комплекс (0,8-1,2 ppm).
- В настоящее время в протонной МР-спектроскопии используют два основных метода - одновоксельную и мультивоксельную (Chemical shift imaging) МР-спектроскопию - единовременное определение спектров от нескольких участков головного мозга. В практику сейчас стала также входить мультиядерная МР- спектроскопия на основе МР-сигнала ядер фосфора, углерода и некоторых других соединений [Ринк П., 2003].
- При одновоксельной  $^1\text{H}$ -МР-спектроскопии для анализа выбирают только один участок (воксел) мозга. Анализируя состав частот в регистрируемом от этого воксела сигнале, получают распределение пиков метаболитов по шкале химического сдвига (ppm) (рис. 3-18). Соотношение между пиками метаболитов в спектре, уменьшение или увеличение высоты отдельных пиков спектра позволяют неинвазивно оценивать биохимические процессы, происходящие в тканях.



- *Одновоксельная протонная МР-спектроскопия вещества мозга в норме. Пики основных метаболитов обозначены на рисунке.*

- При мультивоксельной МР-спектроскопии получают МР-спектры для нескольких вокселей сразу, и можно сравнить спектры отдельных участков в зоне исследования. Обработка данных мультивоксельной МР-спектроскопии даёт возможность построить параметрическую карту среза, на которой концентрация определённого метаболита отмечена цветом, и визуализировать распределение метаболитов в срезе, т.е. получить изображение, взвешенное по химическому сдвигу



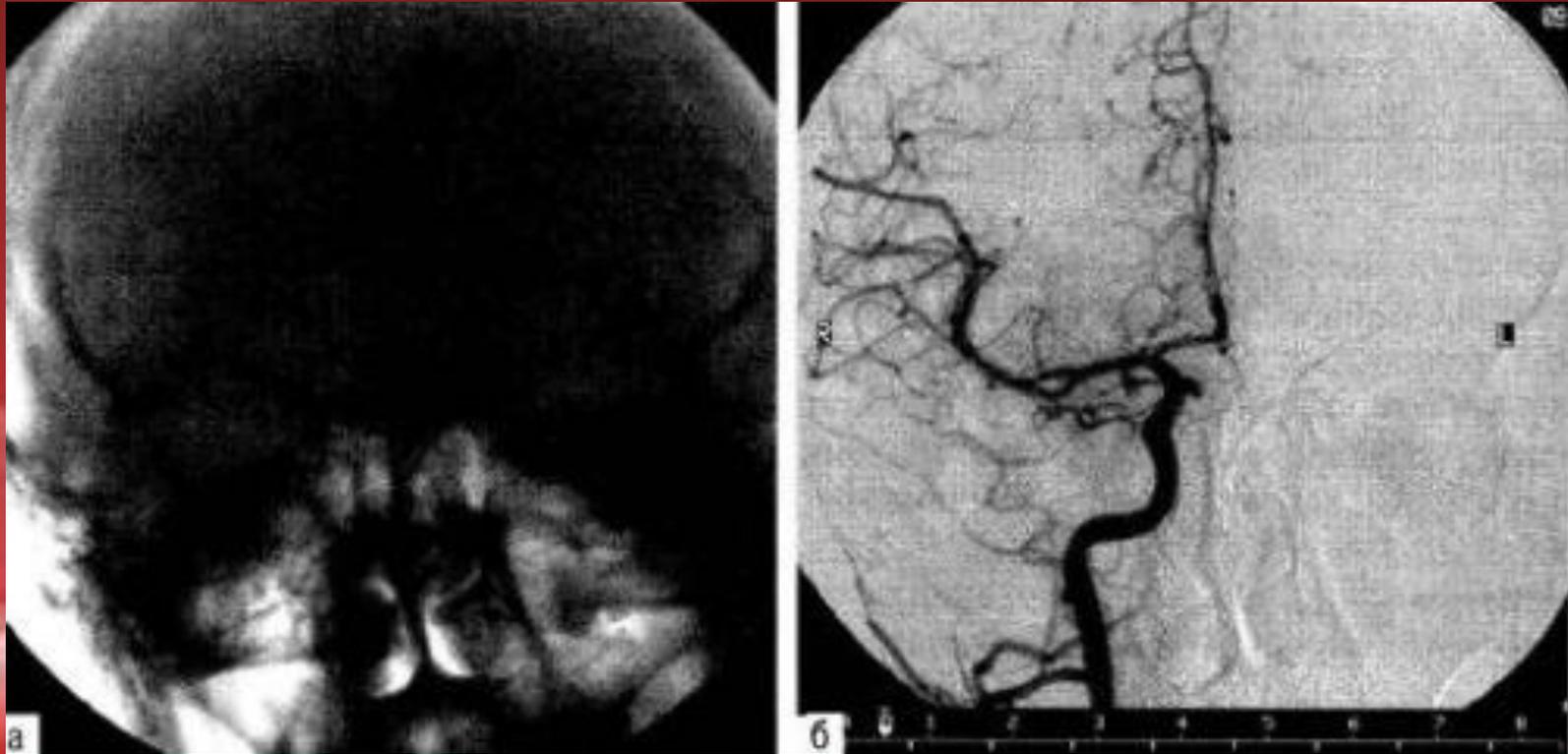
- *Мультивоксельная протонная МР-спектроскопия вещества мозга у больного с лимфангитом ЦНС. а - отображение спектров в каждом вокселе; б - цветное изображение, взвешенное по химическому сдвигу.*

# Ангиография

- Ангиография - метод исследования сосудистой системы головного и спинного мозга путём введения контрастного вещества в артерии, кровоснабжающие мозг. Впервые предложена Моницем в 1927 г., но широкое применение в клинической практике началось лишь в 1940-е годы.
- 
- Совершенствование рентгеновской аппаратуры, создание внутрисосудистых катетерных систем, появление рентгенооперационных и новых рентгеноконтрастных препаратов позволило перейти к изолированному контрастированию бассейнов сначала магистральных, а потом и интракраниальных артерий. Стало возможным про ведение **селективной ангиографии** - метода, при котором катетер после пункции и катетеризации крупной артерии (как правило, бедренной) про водят под флюороскопическим рентгеновским контролем в определённый сосудистый бассейн мозга (селективная ангиография) или отдельный сосуд (суперселективная ангиография), после чего внутриартериально вводят контрастное вещество с серийной съёмкой черепа в соответствующей проекции. Современные ангиографические установки - телевизионные системы, в которых регистрацию рентгеновского пучка выполняют с помощью электронно-оптического преобразователя и телевизионной камеры или позиционно-зарядовой системы.

- Зарегистрированные видеосигналы оцифровывают с высоким разрешением, и компьютер проводит математическую обработку всей серии цифровых изображений, состоящую в вычитании из каждого серийного изображения так называемой маски - первого изображения в серии, полученного до введения контрастного препарата.
- После вычитания "маски" на изображениях остаются лишь контуры сосудов, заполняемых контрастным веществом по мере его прохождения по сосудистой системе. Костные структуры при этом практически не видны (рис. 4-1) . Этот метод получил название "цифровая субтракционная ангиография".
- В настоящее время церебральную ангиографию применяют в основном при подозрении на артериальную или артериовенозную аневризму сосудов головного мозга, как метод дооперационной диагностики и послеоперационного контроля, а также при определении тромбоза или стеноза магистральных сосудов на шее. По-прежнему важно применение церебральной ангиографии в определении источников кровоснабжения и взаимоотношений с крупными артериями различных опухолей головного мозга, в первую очередь расположенных базально на основании черепа, что позволяет планировать операционный доступ и объём удаления (менингиомы, аденома гипофиза и др.). В ряду показаний к цифровой субтракционной ангиографии остаётся планирование лучевой терапии при небольших артериовенозных мальформациях.

•



- *Серийная цифровая мальтформация  
а - снимок-"маска"; б - ангиограмма в прямой проекции в артериальной фазе.*

- **Спинальную ангиографию** применяют для исследования сосудов, кровоснабжающих спинной мозг. Методика проведения исследования аналогична церебральной ангиографии. Через катетер в бедренной артерии осуществляют катетеризацию артерии, в бассейне которой предполагают сосудистую патологию (как правило, это межрёберные артерии) . Селективная спинальная ангиография - основной метод диагностики артериовенозных мальформаций спинного мозга позволяющий выявлять как афферентные, так и эфферентные сосуды мальформации (рис. 4-2). Реже её используют, чтобы определить кровоснабжение некоторых видов опухолей позвоночника и спинного мозга, например гемангиом и гемангио-бластом. Катетеризация сосудов, питающих спинной мозг и позвоночник, позволяет не только выявлять сосудистую патологию, но одновременно выполнять эмболизацию артериовенозных мальформаций и крупных сосудов, участвующих в кровоснабжении опухоли.
- В современной нейрорентгенологической практике всё ещё сохраняются методы с позитивным контрастированием субарахноидальных пространств и желудочковой системы мозга. В настоящее время применяют контрастирование ликворных структур головного мозга с помощью рентгеноконтрастных препаратов на основе йода. Со времени появления первого контрастного препарата в 1925 г. не прекращаются работы по снижению токсичности таких веществ.
- **Вентрикулография** неионными рентгеноконтрастными веществами - инвазивный метод диагностики, сейчас его применяют крайне редко и по строгим клиническим показаниям. Метод заключается во введении контрастного вещества в полость боковых желудочков путём пункции, как правило, одного из передних рогов. Показания к исследованию включают определение проходимости межжелудочковых отверстий, состояния водопровода мозга, III и IV желудочков, главным образом при сложных врождённых пороках развития ликворных пространств и самого мозга. Как модификацию метода выделяют кистографию (введение контрастных веществ в полость интракраниально расположенной кисты, реже в кисту краниофарингиомы, чтобы определить её взаимоотношения с ликворными пространствами головного мозга).



- *Суперселективная ангиограмма межрёберной артерии справа на уровне позвонка TVI при артериовенозной мальформации грудного отдела позвоночника. В артериальной фазе контрастируется артериовенозная мальформация с приводящим сосудом и отводящими извитыми венами.*

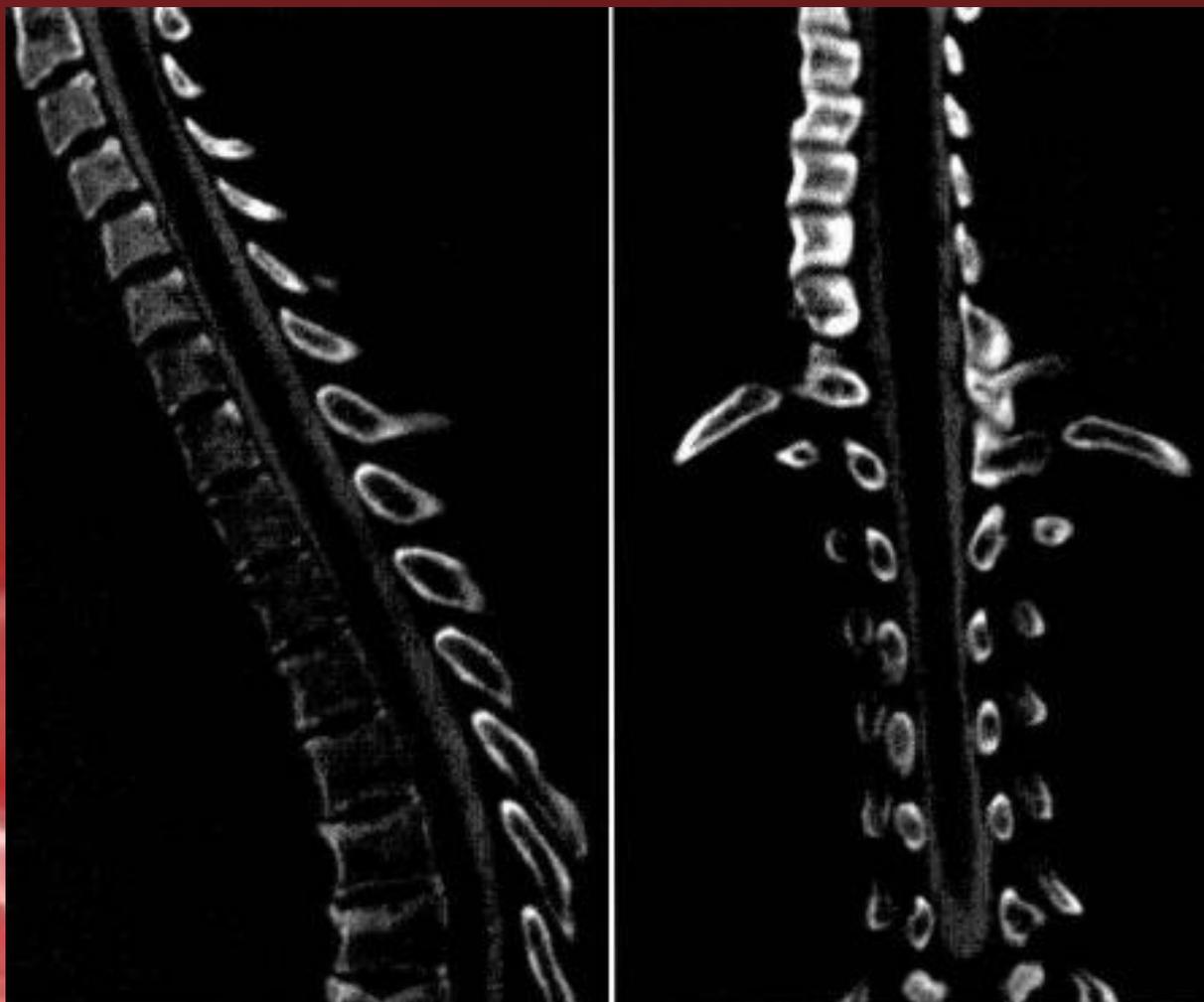
- В условиях современного нейрохирургического стационара, оснащённого КТ, чаще всего применяют сочетание пункции бокового желудочка с введением в него контрастного препарата и возможностей КТ - КТ - вентрикулографию



- *КТ-вентрикулография у ребёнка с открытой гидроцефалией сагиттальная (а) и фронтальная (б) проекция.*

# Миелография

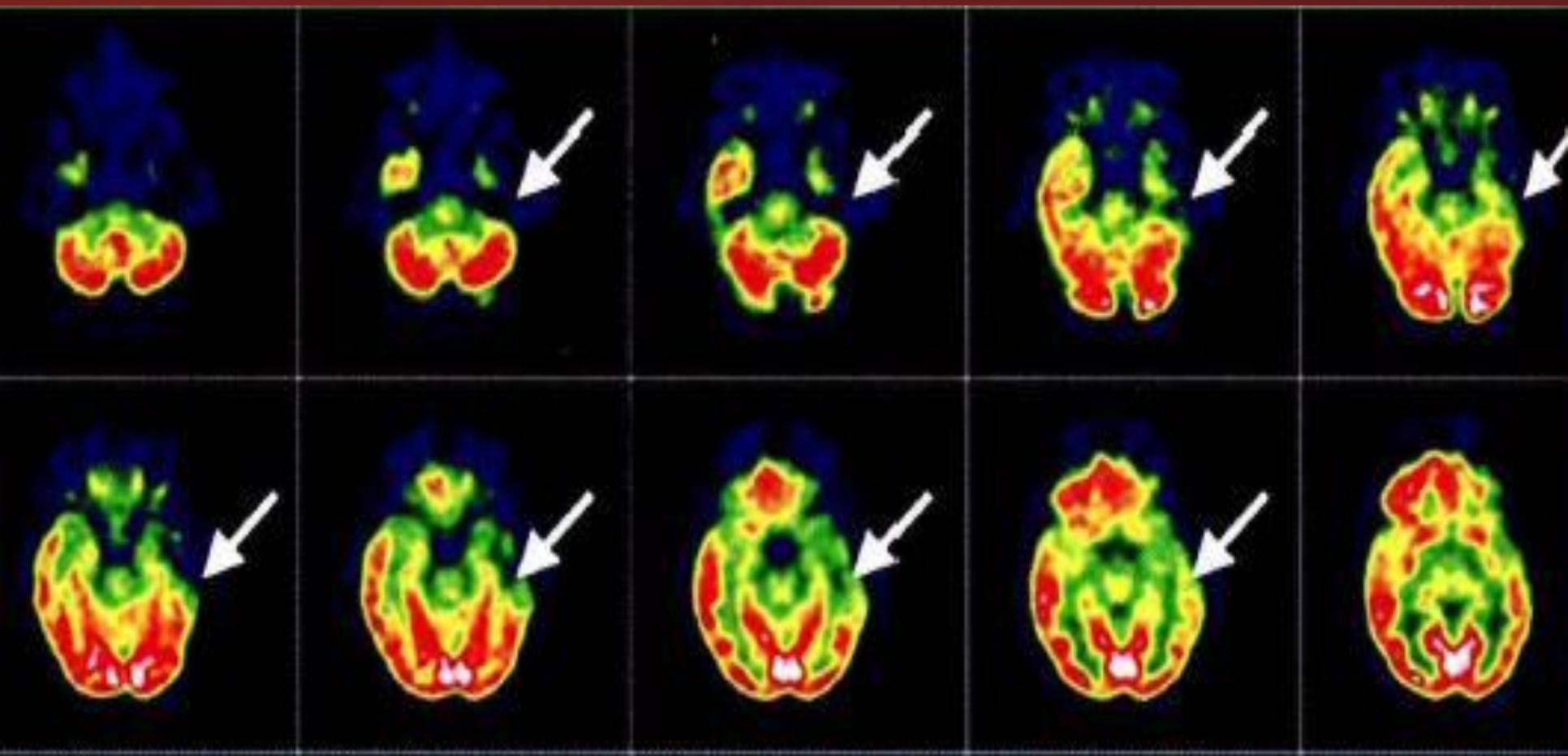
- Метод исследования ликворной системы спинного мозга. Осуществляют путём пункции субарахноидального пространства спинного мозга и введения в него водорастворимого контрастного препарата. Метод относят к группе инвазивных и не применяют в амбулаторных условиях. Выделяют нисходящую миелографию, когда пункцию подоболочечных пространств выполняют на уровне большой затылочной цистерны (в настоящее время практически не используют) , и восходящую миелографию - пункцию осуществляют на уровне нижнепоясничного отдела. Этот метод широко применяли раньше, но с появлением МРТ он практически вытеснен из повседневной практики. В современных условиях его используют в основном для того, чтобы определить степень сдавления субарахноидальных пространств спинного мозга при сложных грыжах межпозвонковых дисков, в диагностике воспалительных изменений в оболочках спинного мозга (арахноидит), в послеоперационном периоде, чтобы решить вопрос о проходимости субарахноидальных пространств при рецидиве грыжи диска или опухоли, послеоперационном рубцово-спаечном процессе. Показанием к миелографии остаётся подозрение на порок развития ликворных пространств спинного мозга (менингоцеле). При наличии КТ миелография, как правило, бывает лишь первичным этапом для дальнейшего проведения КТ-миелографии или её разновидности - КТ-цистернографии (для визуализации ликворных фистул в полости черепа) (рис. 4-4).



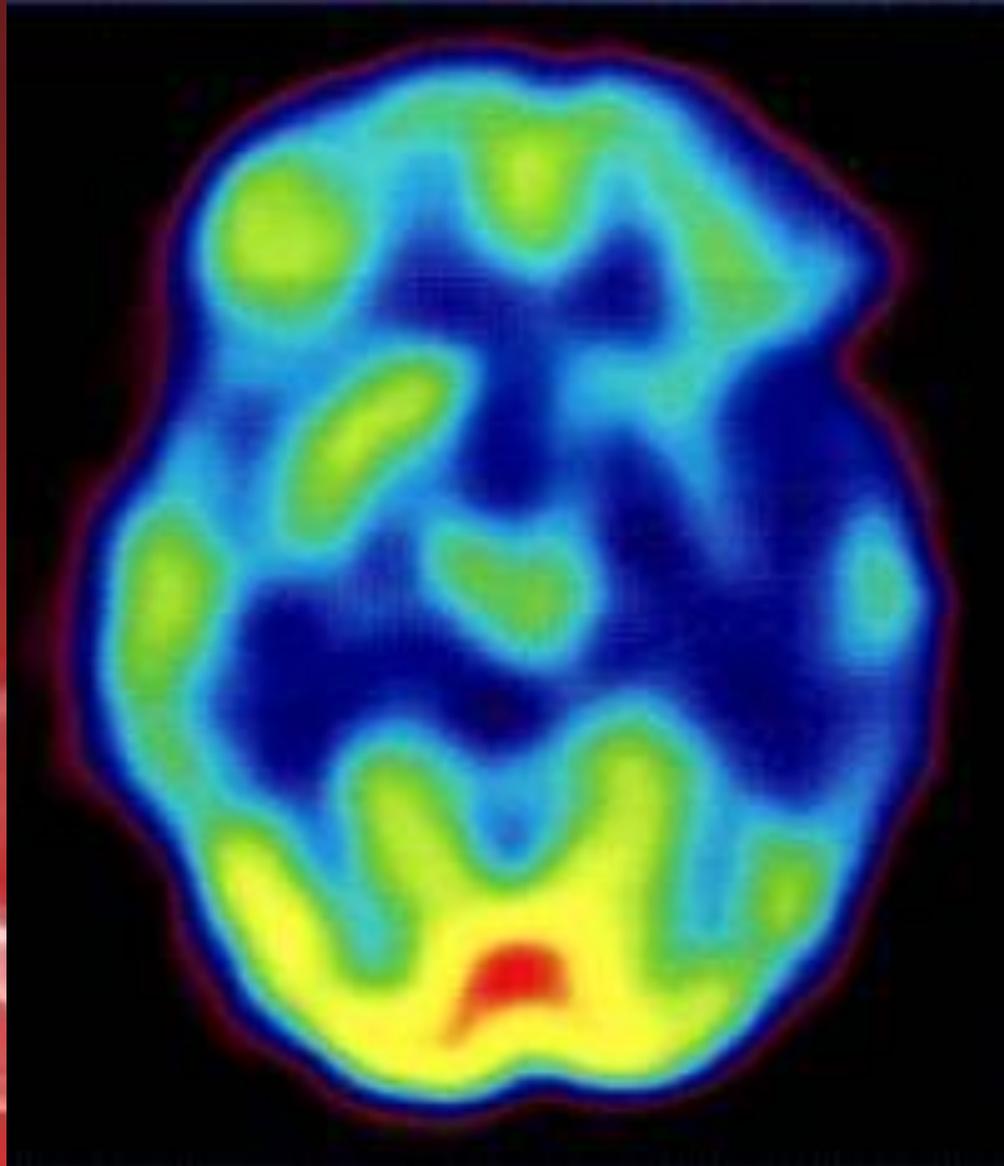
- *КТ-миелография.*

# Позитронная эмиссионная томография

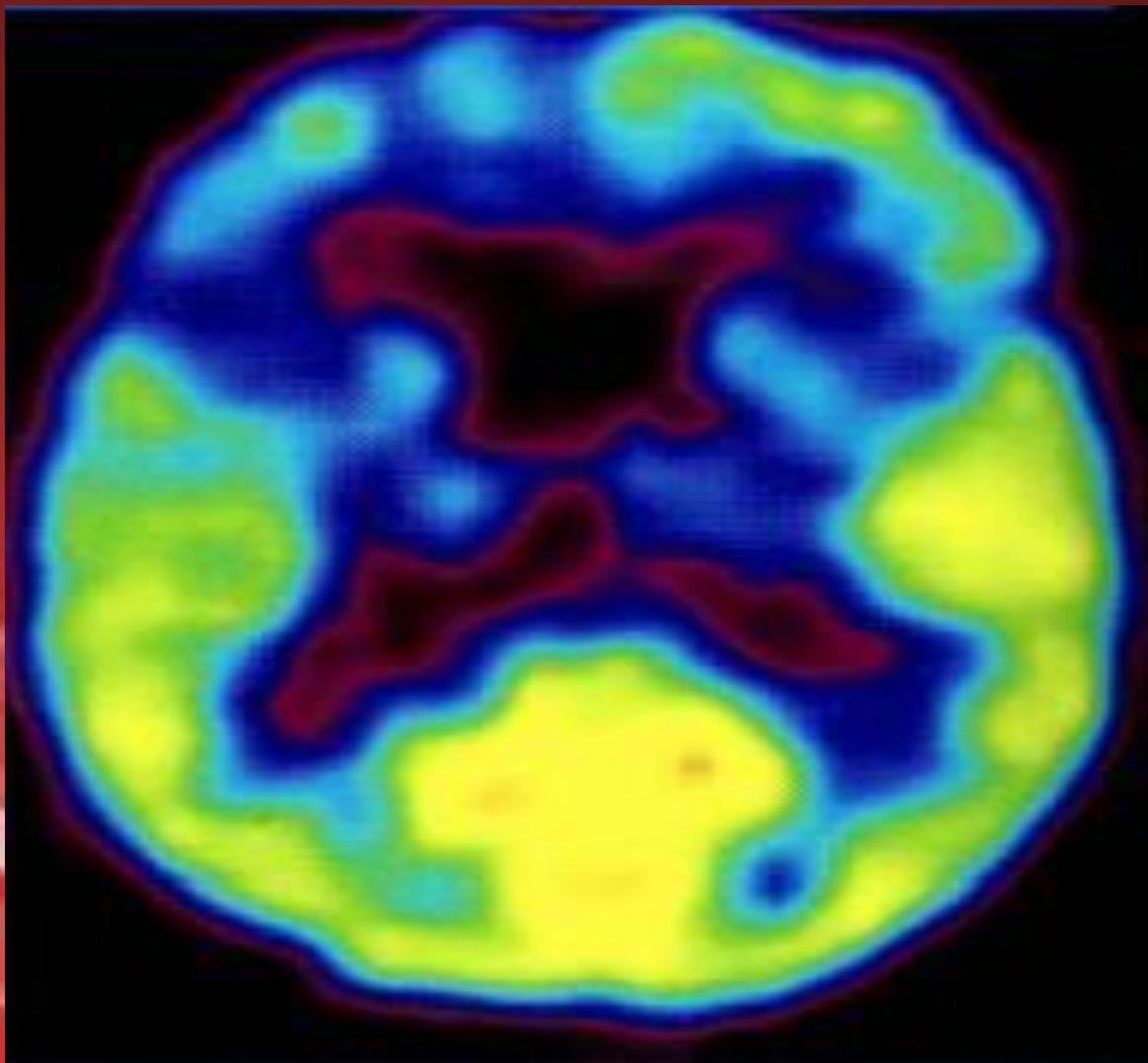
- ПЭТ - метод прижизненного изучения метаболической и функциональной активности тканей организма. В основе метода лежит феномен позитронной эмиссии, наблюдаемый во введённом в организм радиофармпрепарате при его распределении и накоплении в различных органах. В неврологии основная точка приложения метода - изучение метаболизма головного мозга при ряде заболеваний.
- Изменения в накоплении нуклидов в какой-либо области головного мозга позволяют предполагать нарушение нейрональной активности.



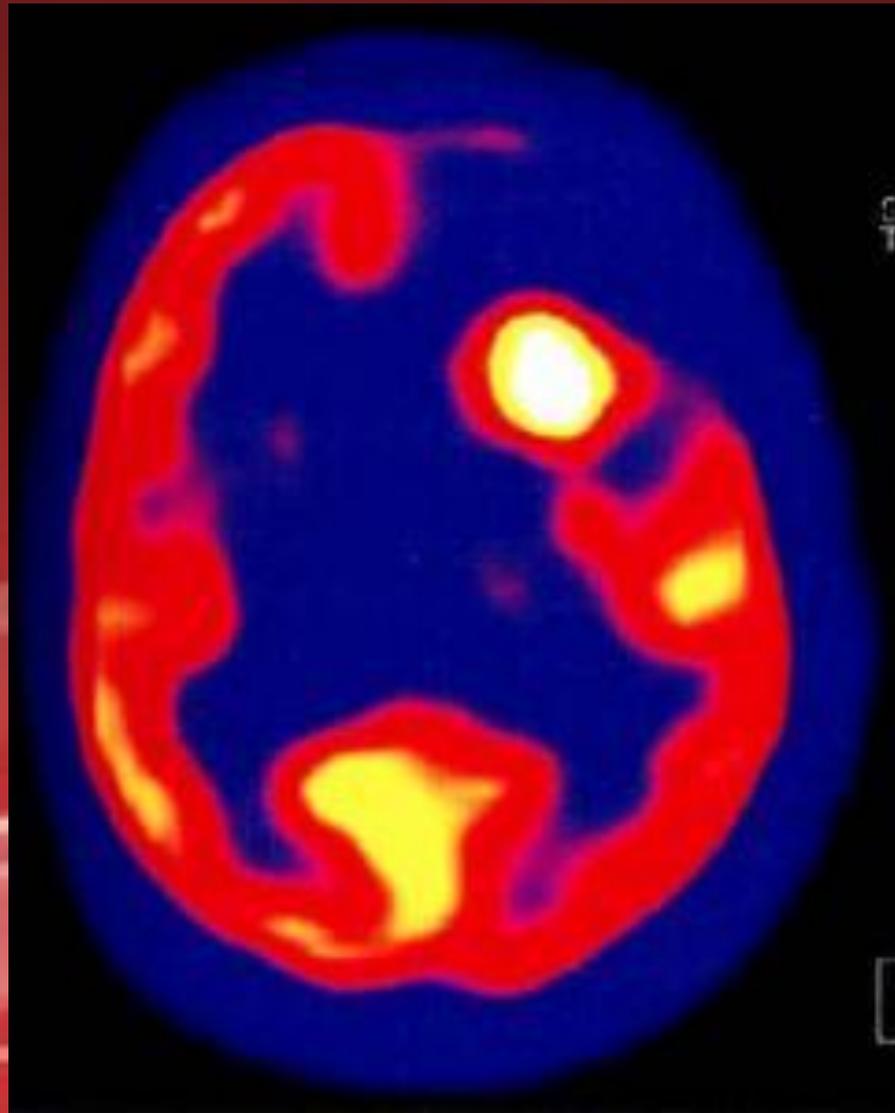
- ПЭТ при эпилепсии. Эпилептогенный очаг в виде гипометаболизма в зоне правой височной области.



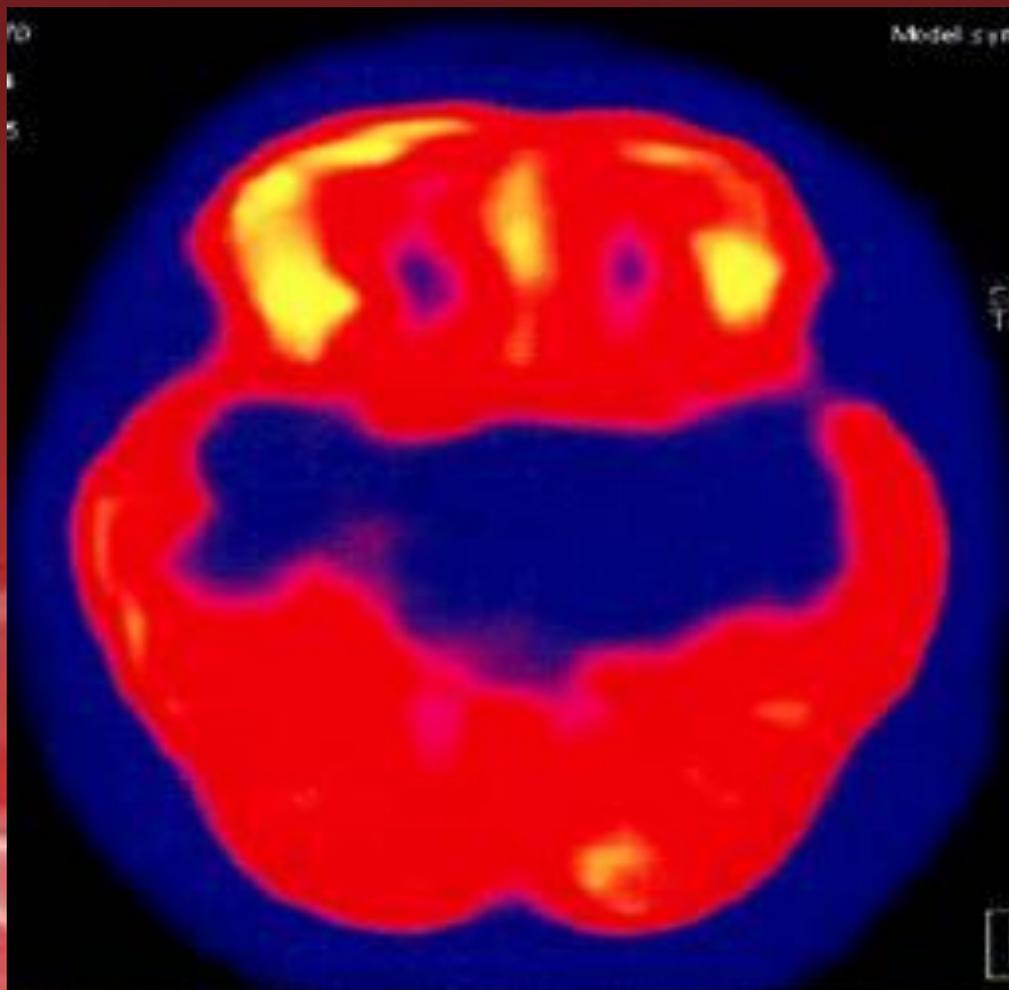
- ПЭТ при болезни Альцгеймера. Билатеральный гипометаболизм в темен новисочных отделах головного мозга.



- *ПЭТ при деменции лобного типа. Билатеральные зоны гипометаболизма в лобных и височных долях головного мозга.*



- Анапластическая астроцитома. Участок гиперметаболизма в глубинных отделах правой лобной доли .



- *Олигодендроглиома. Гипометаболизм в глубинных областях обеих височных долей.*

Спасибо за внимание!

