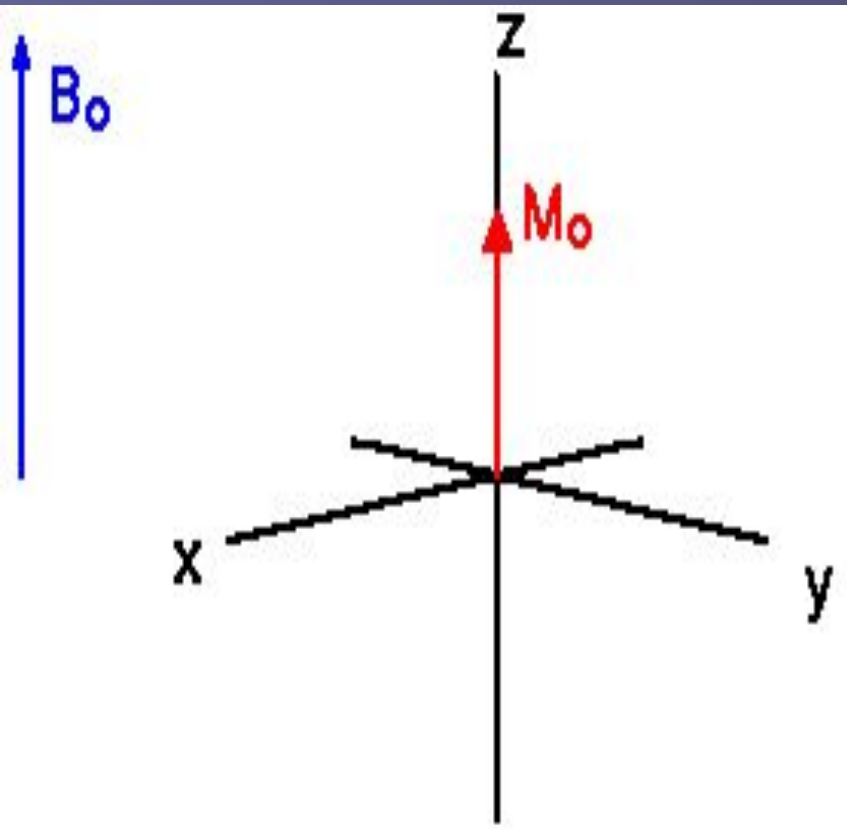




# Магнитная восприимчивость.

- 4 ноября 1984г. – М.Фарадей открыл магнетизм.
- 18 декабря 1984г.- доклад на королевском обществе «Новое магнитное действие»
- Началось изучение биомагнетизма и магнитной восприимчивости.



- Поскольку намагниченность  $M$  пропорциональна величине индукции магнитного поля  $B$ , то связь между этими величинами принято характеризовать безразмерной феноменологической константой -  $c$ , которую называют магнитной спиновой восприимчивостью

- $\mu_0 M = cV$ , где вторая безразмерная константа:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  - магнитная проницаемость вакуума

- Константы  $c$  определяются спиновой плотностью среды и температурой и могут быть вычислены для различных веществ.

# Применение эффекта магнитной восприимчивости

1. Выявление очагов гемосидерина
2. Функциональная МРТ
3. МР - перфузия

# Выявление очагов гемосидерина

Оксигемоглобин



Деоксигемоглобин



Метгемоглобин

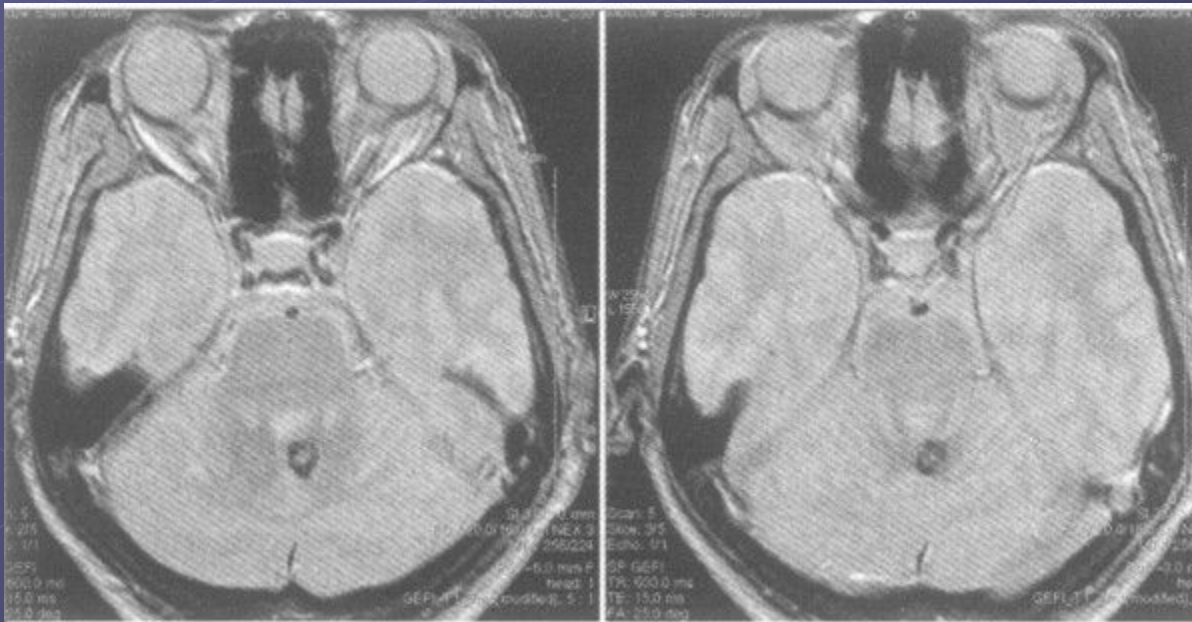


Гемосидерин

- Деоксигемоглобин и гемосидерин работают как парамагнетики 2-го типа и ускоряют T2-релаксацию по механизму эффекта магнитной восприимчивости
- Они нарушают однородность локальных магнитных полей, тем самым ускоряя фазовую десинхронизацию спиновой системы



# Эффект магнитной восприимчивости особенно выражен на T2\*-взвешенных изображениях



Отложение гемосидерина при мелкой кавернозной ангиоме (режим T2\*-ВИ).



# Функциональная МРТ

- В 1991 г. исследовательская группа под руководством J.W. Belliveau разработала технику функциональных исследований с помощью МРТ.
- Зрительная стимуляция + одновременное внутривенное болюсное введение парамагнитного контрастного препарата (гадолиний)
- Гадолиний нарушает однородность локального магнитного поля и снижает магнитную восприимчивость и сигнал на T2\*-взвешенных изображениях

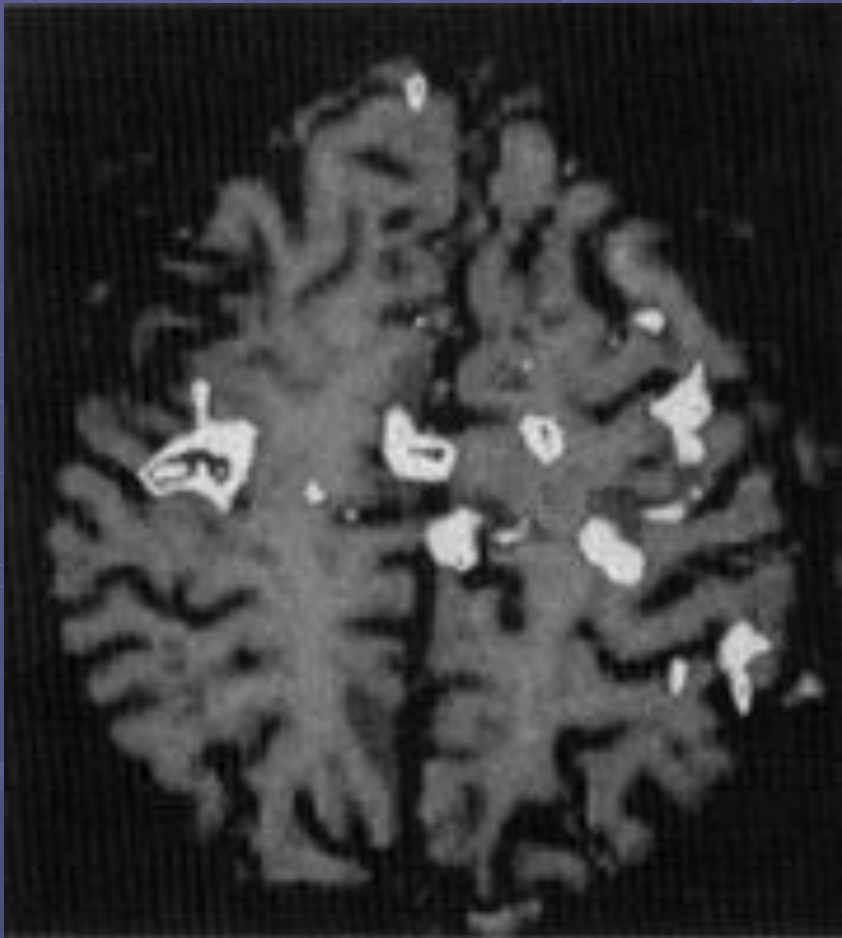
- Приблизительно в то же время S. Ogawa и соавт. обнаружили, что изменение уровня насыщения крови кислородом приводит к изменениям контрастности на МР-изображениях у лабораторных животных.
- Это связано с локальным снижением дезоксигемоглобина во время усиления нейрональной активности.
- Методика получила название “blood oxygenation level dependent contrast” (BOLD contrast) – контрастность, зависящая от степени насыщения крови кислородом.

- Энергообеспечение коры в течение первых 4–5 мин постоянной активности происходит за счет анаэробного гликолиза
- За счет одновременного возрастания перфузии увеличивается транспорт глюкозы из капилляров в нервную ткань, транспорт кислорода при этом изменяется незначительно, что выражается в относительном повышении концентрации кислорода (в том числе связанного с гемоглобином) в венозной крови.
- Усиление сигнала на T2\*-взвешенных изображениях

# Функциональная МРТ позволяет:

- исследовать деятельность коры головного мозга
- осуществлять картирование функционально-специализированных зон (моторной, соматосенсорной коры, зон речи Брока и Вернике)

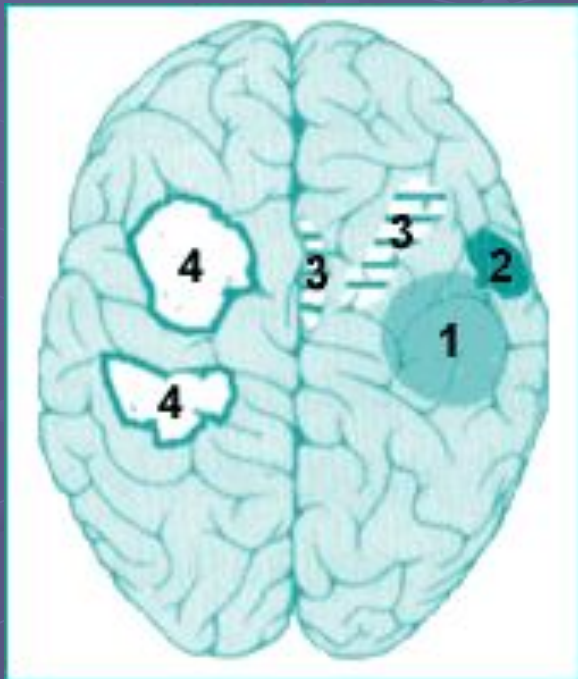
# Функциональная МРТ в восстановительном периоде инфаркта мозга



- При движении паретичной левой рукой выявляется увеличение перфузии в симметричных зонах обоих полушарий мозга.



# Восстановление функций мозга после инсульта

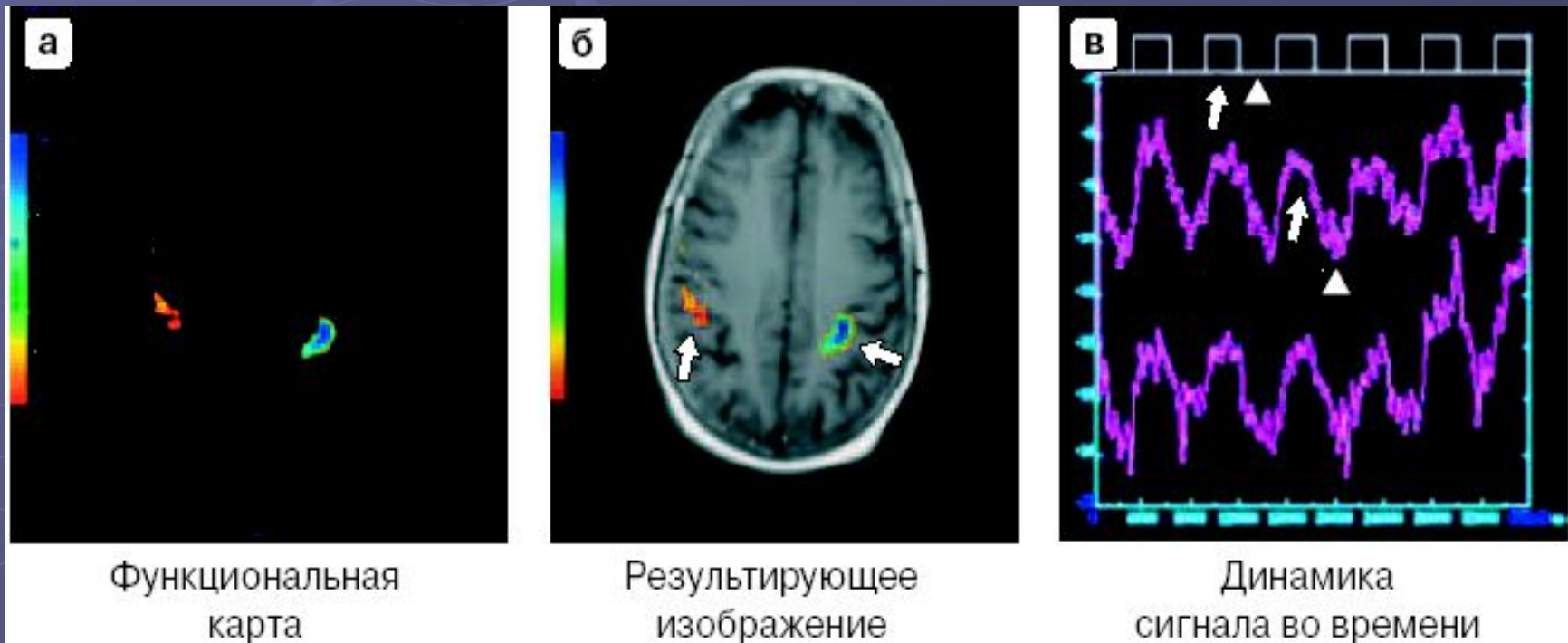


- 1 — зона необратимого некроза ткани;
- 2 — зона возможной пластичности мозга;
- 3 — вторичная зона замены утраченных функций;
- 4 — активизация “зеркальной” зоны в противоположном полушарии мозга

- При восстановлении функций после перенесенного инфаркта мозга репаративные процессы имеют определенную закономерность. Рядом с ядерной зоной необратимого поражения мозга формируются зоны пластичности и вторичной замены утраченных функций, при этом аналогичные зоны гиперметаболизма формируются в симметричных областях противоположного полушария мозга

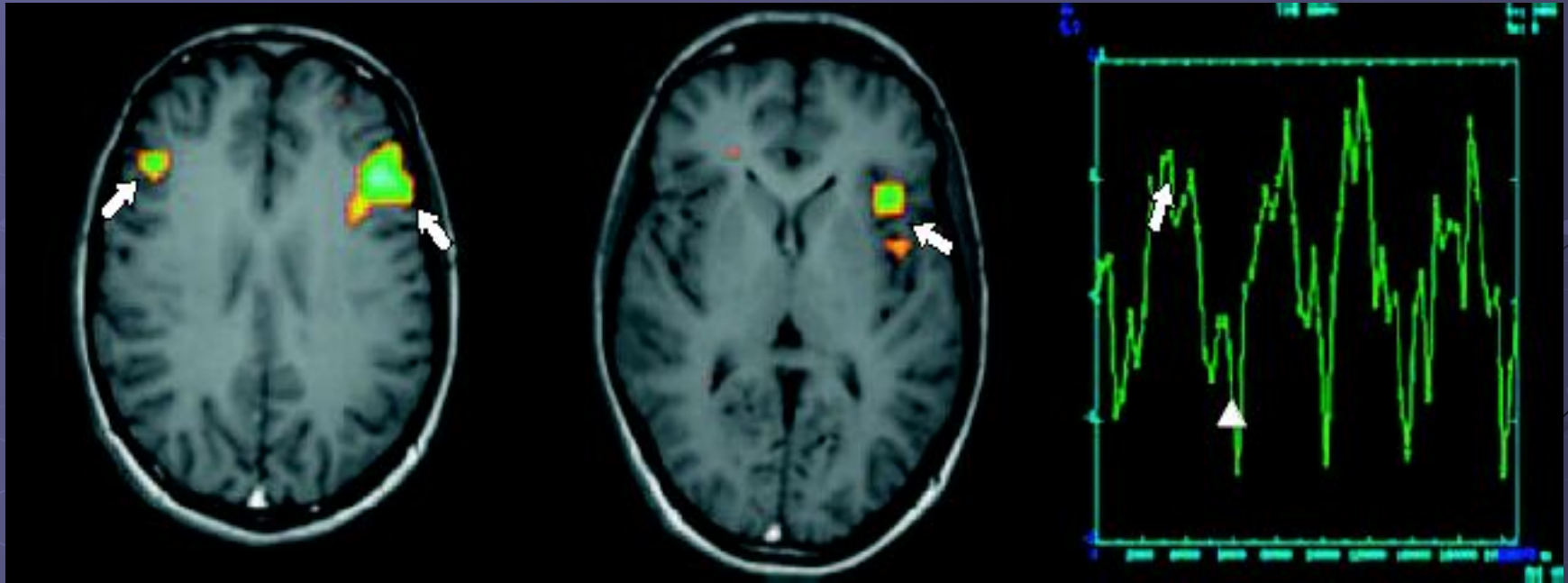


# Результаты фМРТ с двигательной активацией



а – представлена функциональная карта, полученная в результате статистической обработки “сырых” изображений. б – после совмещения функциональной карты и анатомических изображений становится возможной пространственная локализация моторной коры (стрелки). в – график отражает зависимость МР сигнала от времени, соответствующую периодам активности пациента (стрелки) и периодам покоя (треугольники).

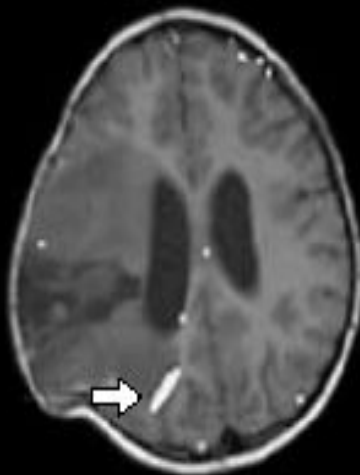
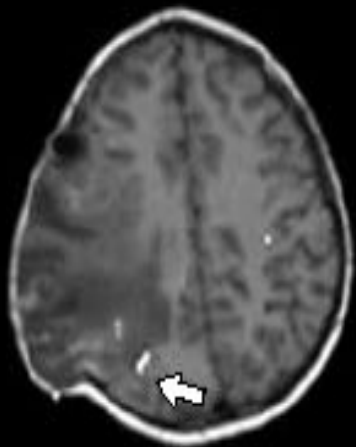
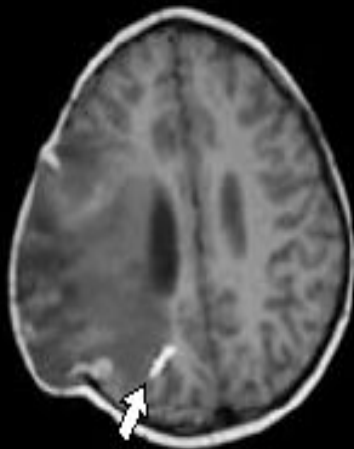
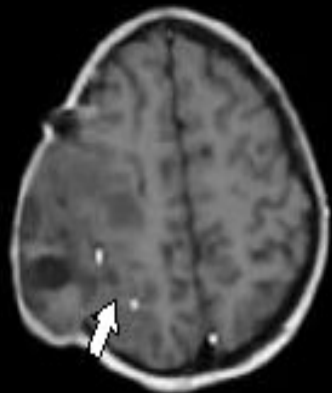
# Результаты фМРТ с речевой активацией



Полученные результирующие изображения позволяют локализовать область Брока (стрелки), активирующуюся при генерации обследуемым слов на заданную букву. График отражает зависимость МР сигнала от времени, соответствующую периодам активности пациента (стрелка) и периодам покоя (треугольник).

# Клиническое применение фМРТ

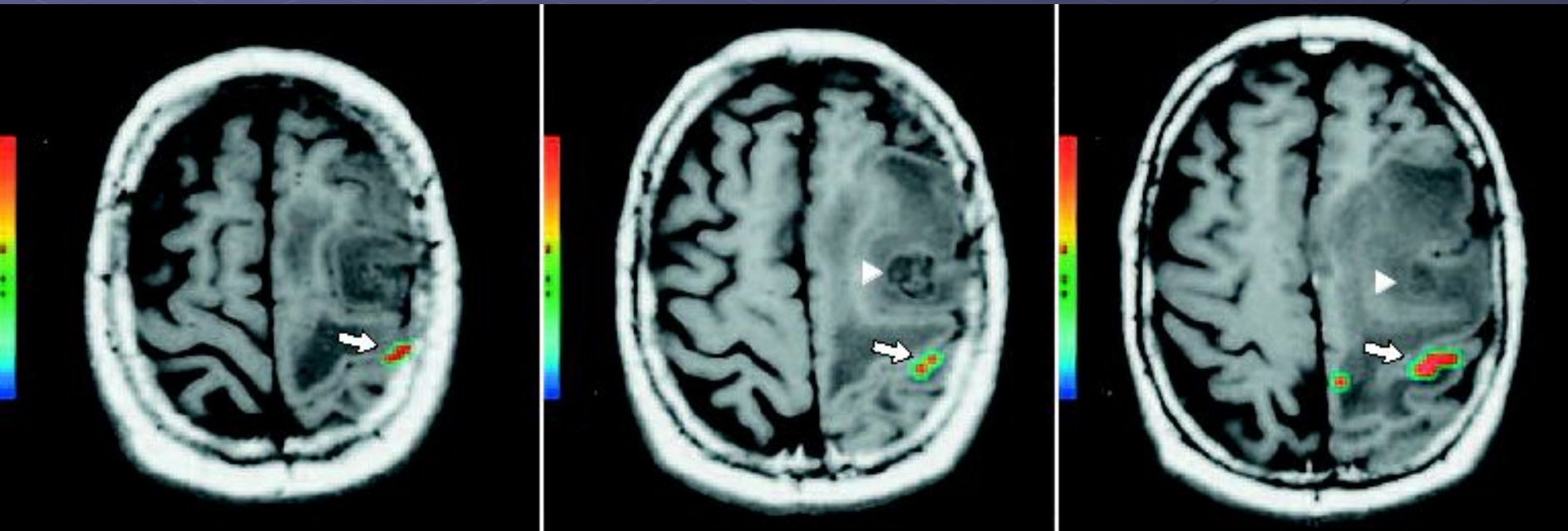
- Мониторинг компенсации и восстановления функций коры головного мозга
- Оценка операбельности очаговых поражений головного мозга и планирование нейрохирургических вмешательств с максимальным сохранением функций коры головного мозга
- Локализация эпилептических очагов, определение доминантного полушария при лечении эпилепсии
- Нейропсихиатрические исследования, в том числе при болезни Альцгеймера



- Функциональные изображения больного О., 5 лет, с анапластической эпендимомой. На функциональных изображениях в правом полушарии визуализируется смещение корковой области, ответственной за движение пальцами левой руки, кзади (стрелка), что связано с ростом опухоли и изменением функциональной организации коры головного мозга. График показывает, что именно эти области активировались при выполнении обследуемым активирующего задания. По результатам обследования был пересмотрен план операции, и вместо частичной выполнена субтотальная резекция опухоли.



- Функциональные изображения больного Б., 56 лет, с метастазом в головной мозг. На функциональных изображениях, полученных при выполнении обследуемым двигательного задания, определяются участки активации в области левой центральной борозды (стрелка). Опухоль (треугольник) располагается впереди от моторной коры. Функциональные изображения позволяют спланировать хирургический доступ на удалении от моторной коры. Правосторонний гемипарез, существовавший у больного, вероятно, связан с выраженным отеком.



# MR - перфузия

- Перфузия – движение на капиллярном уровне.
- Методика основана на феномене магнитной восприимчивости.
- После введения в кровь, гадолиний сокращает  $T2^*$ , вызывая снижение сигнала.



- По степени снижения сигнала можно оценить жизнеспособность тканей и рассчитать объемный кровоток.
- Динамическая томография начинается одновременно с болюсным в/в введением 1-2 мл гадолиния.
- Интенсивность сигнала определяется в «зоне интереса» отдельно в каждом кадре
- Строят график зависимости интенсивности сигнала от времени.
- Снижение интенсивности сигнала на T2\*-взвешенных томограммах пропорционально объемной скорости кровотока.