



Zobrazovací metody

Michal Černík

Petra Navrátilová

FF MU BRNO, PK FN BRNO



Obsah sdělení

- ☛ Vymezení a dělení zobrazovacích metod
- ☛ EEG
- ☛ MEG
- ☛ Rtg.
- ☛ CT
- ☛ MR
- ☛ SPECT
- ☛ PET
- ☛ (r)TMS

Vymezení ZM

- Získávání obrazu o stavbě a funkci tkání a orgánů.
- Obrazy se získávají různými postupy, s využitím různých druhů energie: záření (ionizující, neionizující), mechanická energie, magnetická energie.
- Radiologie

Dělení ZM

➤ Strukturální ZM

Rtg., CT, MR

➤ Funkční ZM

EEG, MEG, Xe/ CT, MRS, fMR, PET,
SPECT

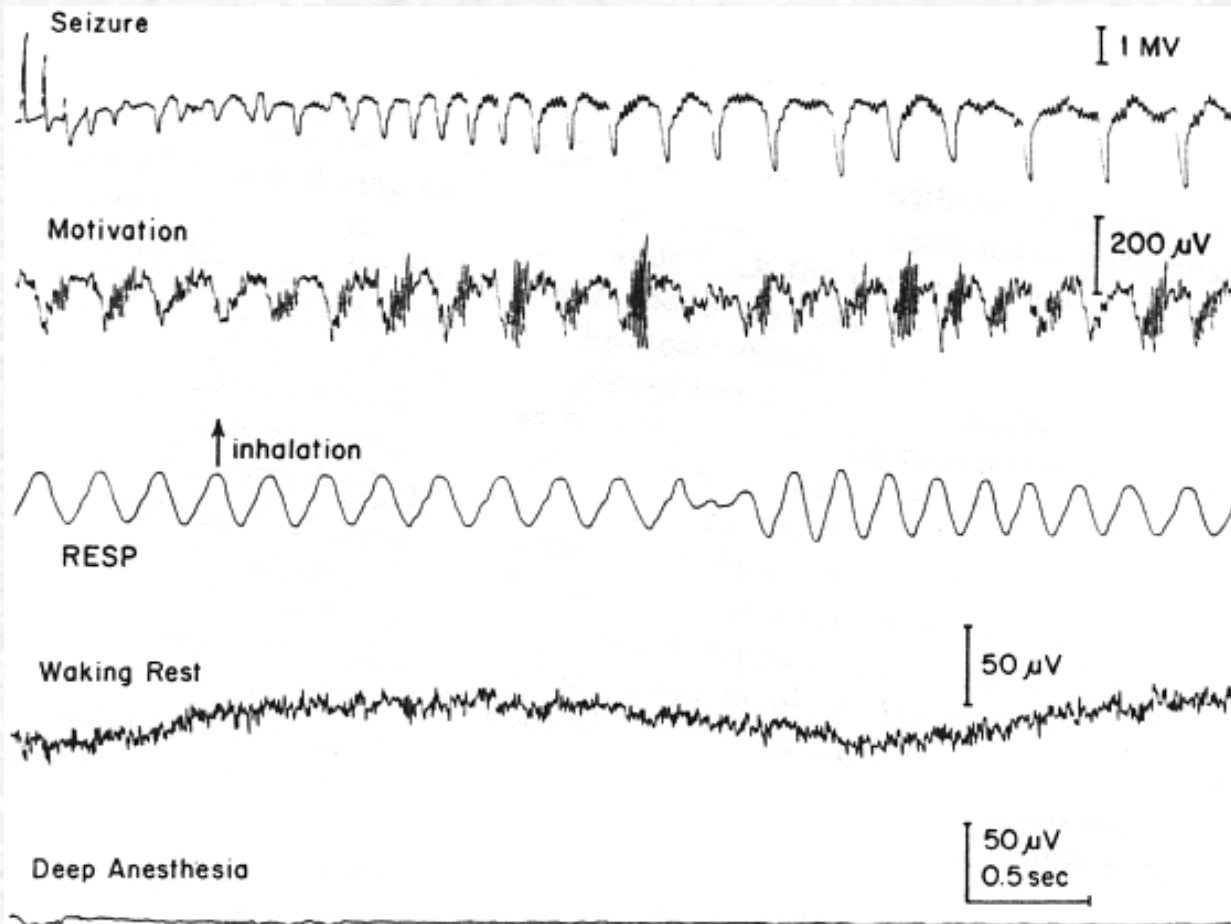


EEG

Elektroencefalografie







Stručná charakteristika

- EEG zaznamenává elektrickou činnost mozku v podobě vln
- Výhody: neužívá ionizující záření, vysoce citlivá k proměnám činnosti mozku v čase
- Nevýhoda: nízká prostorová rozlišovací schopnost
- Záznam EEG získáváme rozmístěním elektrod po povrchu vlasaté části hlavy

Užívá se k diagnostice:

- Epilepsie
- Encefalopatie
- Degenerativní choroby
- Předoperační mapování

Jak vzniká elektrický rytmus mozku?

- ☛ Součinností neuronů thalamu a kortexu
- ☛ Thalamus má funkci generátoru rytmů
- ☛ Hlavním zdrojem je elektrická aktivita synaptodendritických membrán v povrchních vrstvách kortexu
- ☛ „Normální“ EEG aktivita je rytmická a má sinusoidní tvar

Základní EEG aktivity (rytmy):

- Delta rytmus – frekvence 1 až 3 Hz
 - Théta rytmus – frekvence 4 až 7 Hz
 - Alfa rytmus – frekvence 8 až 13 Hz
 - Beta rytmus – frekvence 14 až 30 Hz
-
- Organicky zdravý mozek produkuje hlavně tyto rytmy (s převahou alfa, beta a jejich derivátů)
 - Dále existuje celá řada méně častých rytů (gama, kappa, lambda, pí, zeta atd.)

Charakteristika některých rytmů

Alfa rytmus

- Základní rytmus
- 8 – 13 Hz (cyklů za vteřinu)
- Je vlastností mozku, který je:
 - Zdravý
 - Bdělý
 - Zralý
 - Při zavřených očích
- Má převahu okcipito-parieto-temporálně

- Alfa rytmus je mírně asymetrický
- Při otevření očí alfa rytmus mizí (mizí i s pozorností a mentálním úsilím)
 - Někdy se po krátké bloádě vrací, což je spojováno s poruchami koncentrace u dětí (ADHD) a s psychózami
 - Schopnost koncentrace je tím vyšší, čím lépe je po otevření očí alfa aktivita blokována
- Při zavření očí se alfa opět vrací
 - Někdy s větší amplitudou (tzv. rebound efekt u stavů napětí, ospalosti a u neurotiků)

• Patologická alfa:

- Bývá monoformní (jako generovaná strojem)
- Lehká kortikální vaskulární insuficience
- „Hysterie“
- Kortikální léze (ložiskový pokles amplitudy)
- Tumor mozku (ložiskově vysoká alfa aktivita)
- „Alfa kóma“ (hluboké bezvědomí doprovázené alfa aktivitou – při krvácení v pons varoli)

Beta rytmus

- 14 – 30 Hz
- Převládá nad frontálními krajinami
- Nereaguje na otevření očí ani na volní pohyby
- Obvykle je fyziologický
- Patologicky se objevuje po barbiturátech a benzodiazepinech

Théta rytmus

- 4 – 7 Hz
- Nejčastěji nad temporální krajinou
- Nereaguje na otevření očí
- Někdy výraznější při emočním vzrušení
 - U kojenců při kojení a laskání s matkou (polibek od otce bývá neúčinný)
- Častý u dětí do 3 až 5 let
- U dospělých v synchronním i paradoxním spánku

- Může se objevit během hyperventilace a při emočním vzrušení
- Patologická théta:
 - Metabolické poruchy (uremie, hypo- či hyperglykémie, úžeh)
 - Organické cerebrální léze (meningitis, encefalis, tumory, krvácení do mozku atd.)

Delta rytmus

- Frekvence pod 4 Hz
- Fyziologický:
 - Ve věku do 3 let
 - V hlubokém synchronním spánku
- Patologický:
 - „reaktivní“ – pravidelný, neměnicí tvar (hluboké organické léze)
 - „lezionální“ – nepravidelný, měnicí tvar, lokalizovaný podle místa poškození

Ontogeneze EEG aktivity

☛ 0 – 1 rok

- Málo pravidelná delta aktivita
- Netlumí se otevřením očí

☛ 1 – 3 roky

- Dominuje théta rytmus

☛ 3 – 6 let

- Prealfa aktivita o frekvenci 6 až 8 Hz

☛ 5 – 7 let

- Objevuje se alfa kolem 8 Hz, která pak zrychluje
- Spolu s alfou se objevuje i beta, ale má převahu frontálně



MEG

Magnetoencefalografie



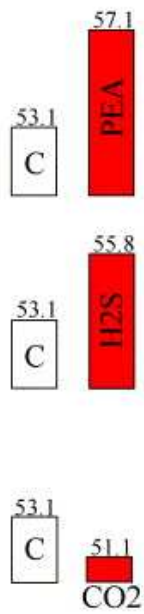
MEG

- ☛ Metoda umožňující sledovat přímo neuronální aktivitu
- ☛ Princip - elektrický proud při vzniku neuronální aktivity je doprovázen magnetickým polem a to je detekováno
- ☛ rozlišení mezi blízkými, ale funkčně rozdílnými oblastmi korové aktivace

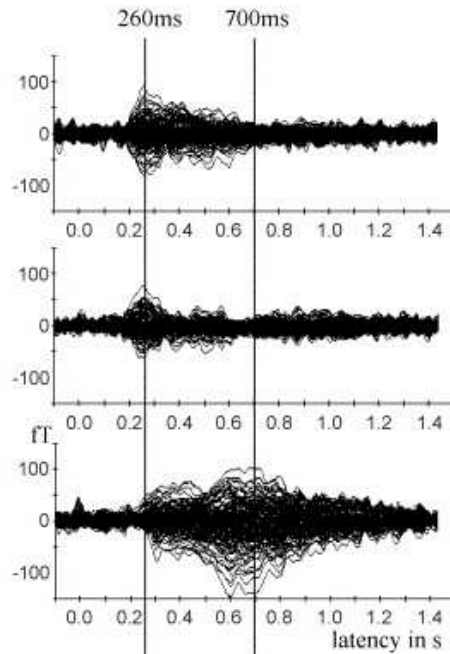


Behavior

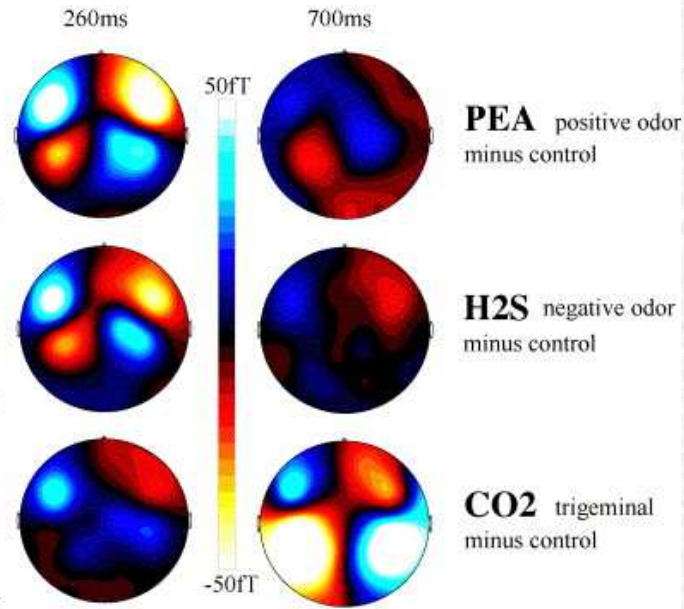
(mean number of hits related to different chemical conditions)



MEG curves



MEG difference maps





RTG



RTG - princip

- Využívá gama záření - při prostupu živým organizmem v závislosti na vlastnostech tkání, kterými prochází, je různě absorbováno

Výsledek zobrazení RTG

- obrázek odpovídající intenzitě absorpce záření v jednotlivých oblastech lidského těla
- Vzhledem k malé absorpci RTG záření v měkkých tkáních je RTG při zobrazení mozku málo citlivé
- Speciální situací je pak použití kontrastní látky např. při arteriografii apod.



CT

Výpočetní tomografie
(computed tomography)

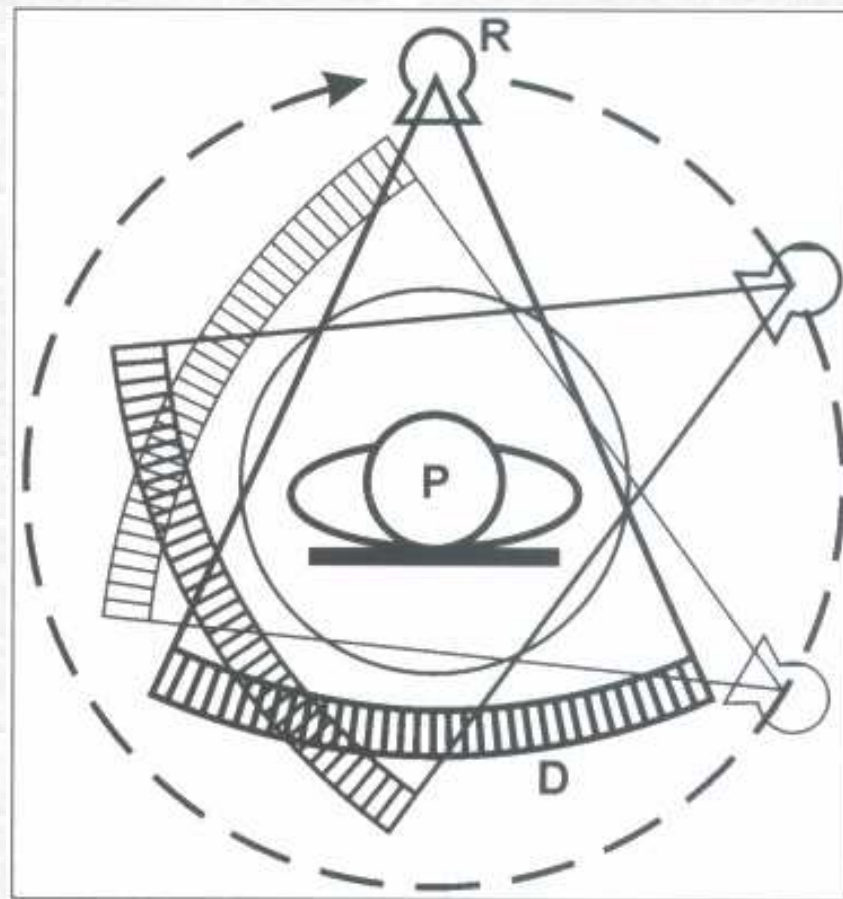


CT – princip 1

- ☛ stejný princip jako RTG
- ☛ Rentgenové (gama) záření vysíláno pod různými úhly skrz vyšetřovanou tkáň a detekováno detektorem, který ho převede ne elektrický signál, analyzovaný počítačem.

CT – princip 2

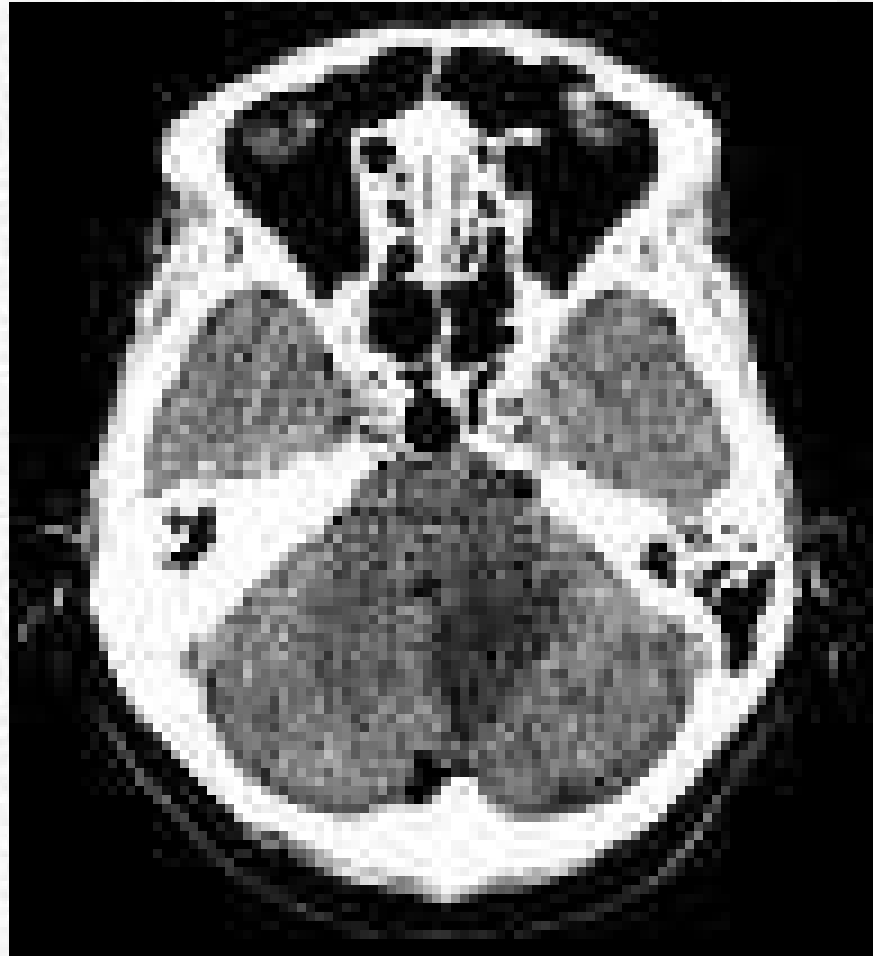
- Pro zhotovení jednotné vrstvy se rentgenka (R) a detektory (D) otočí kolem pacienta (P) o 360°. Množství prošlého záření je v několika stovkách dílčích měření registrováno detektory, převedeno na el. signál a odesláno do počítače, který vytvoří obraz vrstvy.

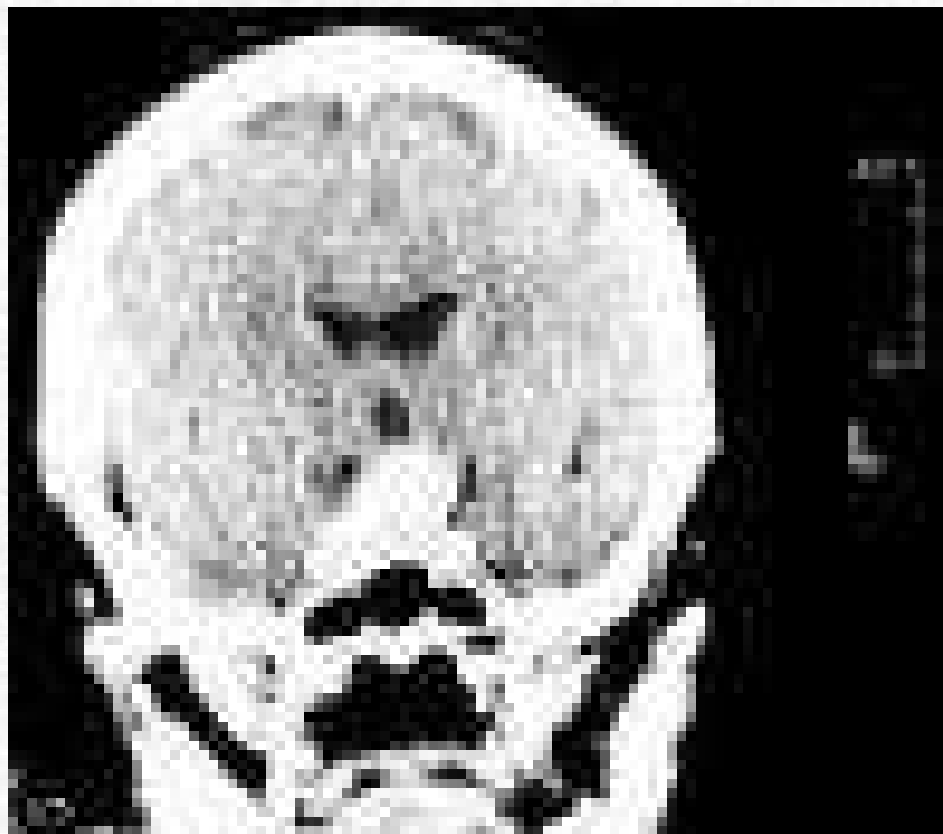


Výsledek zobrazení CT

- Strukturální zobrazení
- Počítačový obraz řezů mozkiem
- Kostěné struktury jsou bílé, struktury obsahující vzduch, či tekutinu jsou černé, měkké tkáně pak, znázorněné s různou intenzitou šedi.
- Není přesně rozlišena šedá hmota od hmoty bílé.







Dynamické CT (Xe/CT)

- ☛ Umožňuje zobrazovat funkci mozku
- ☛ Sleduje změny v prokrvení mozku.
- ☛ pacient inhaluje směs Xe s kyslíkem. Xenon proniká do krve a postupuje mozkovým parenchymem v závislosti na míře prokrvení v určité části mozku

Co diagnostikujeme pomocí CT

- ☛ Mozkové krvácení
- ☛ Důsledky úrazu
- ☛ Různé typy atrofie mozku
- ☛ Hydrocefalus

Výhody a nevýhody CT

➤ Výhody

dobré zobrazení kostního krytu

téměř 100% detekce krvácení

relativně krátká doba vyšetření

➤ Nevýhoda

Ionizující záření

Špatné rozlišování kontrastu



MR

Magnetická rezonance





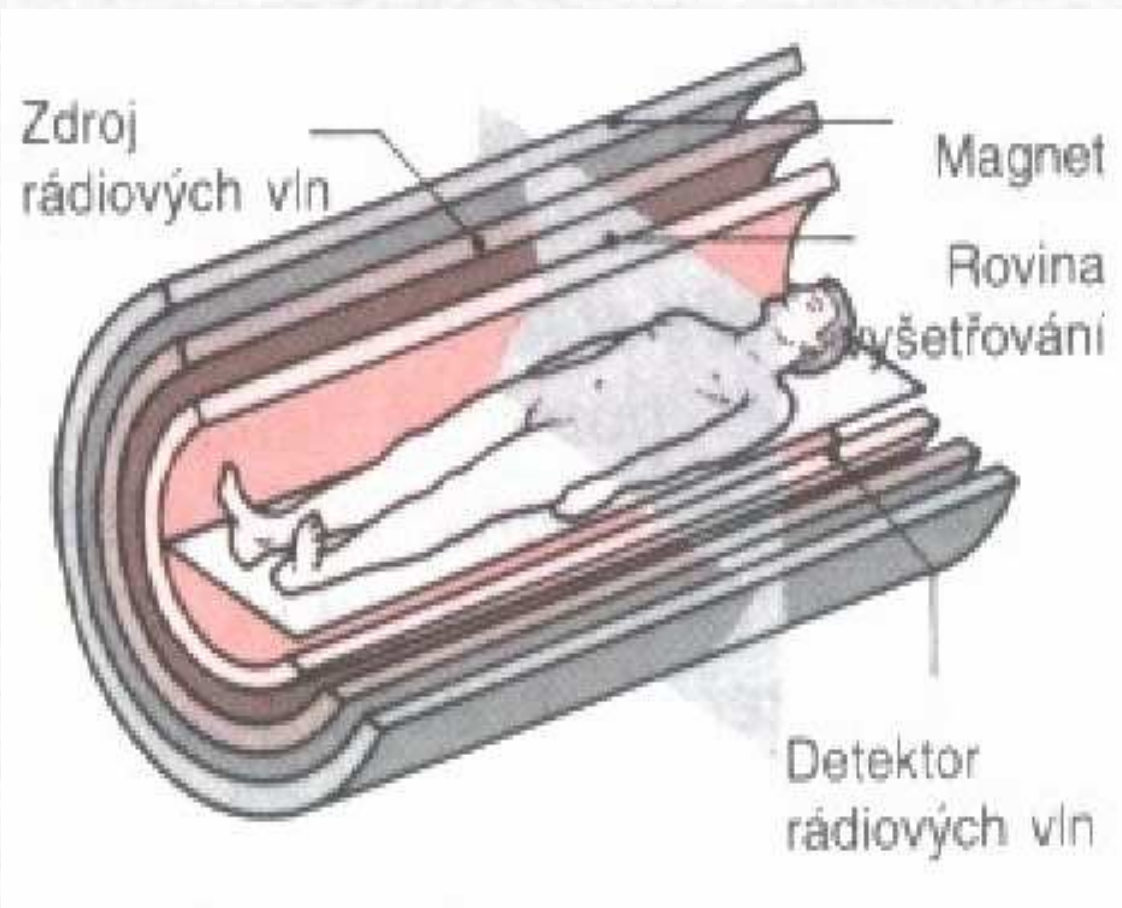


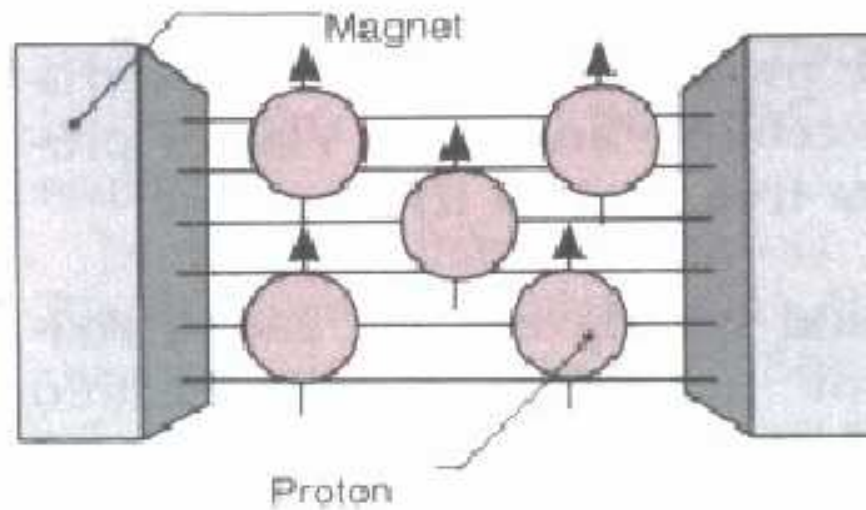
MR - možnosti

- umožňuje zobrazit jednak **anatomické struktury** (klasická strukturální (**MR**), ale i **procesy biochemické (MRS)** a **funkci (fMR)** a to vše pomocí jednoho přístroje s využitím jednoho společného principu.

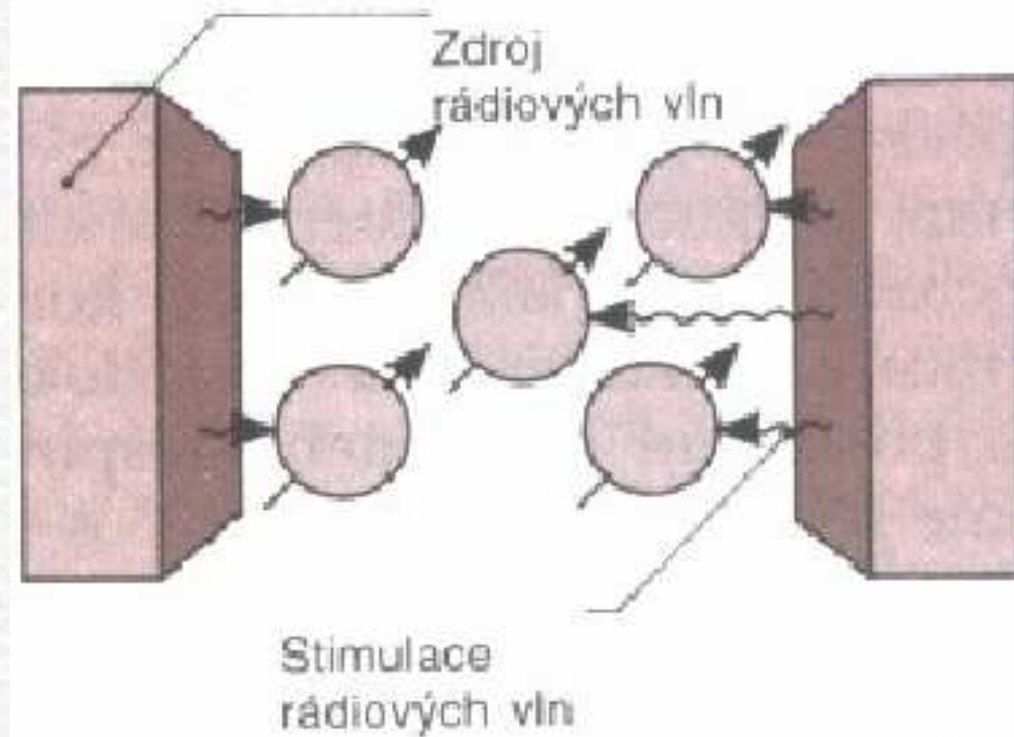
MR - princip

- Založena na principu změny magnetických vlastností tkáně při jejím umístění do silného stálého magnetického pole.

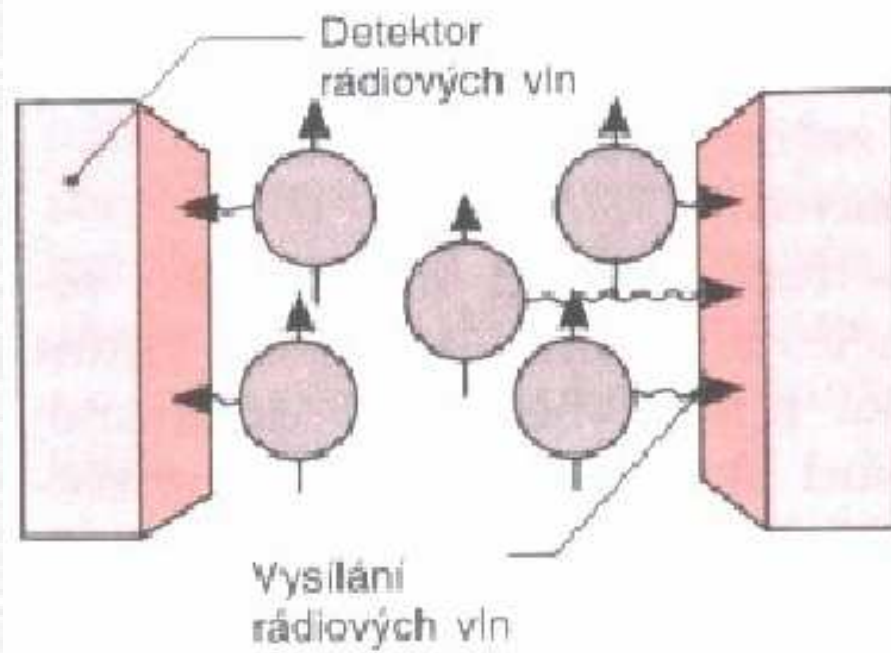




1 Za normálních okolností jsou protony (jádra) atomů vodíku v těle natočeny zcela náhodně, avšak vlivem silného magnetického pole přístroje se všechny natáčejí stejným směrem.



2 Zdroj rádiových vln vysílá mohutné impulsy, které vychylují protony z jejich natočení jedním směrem.

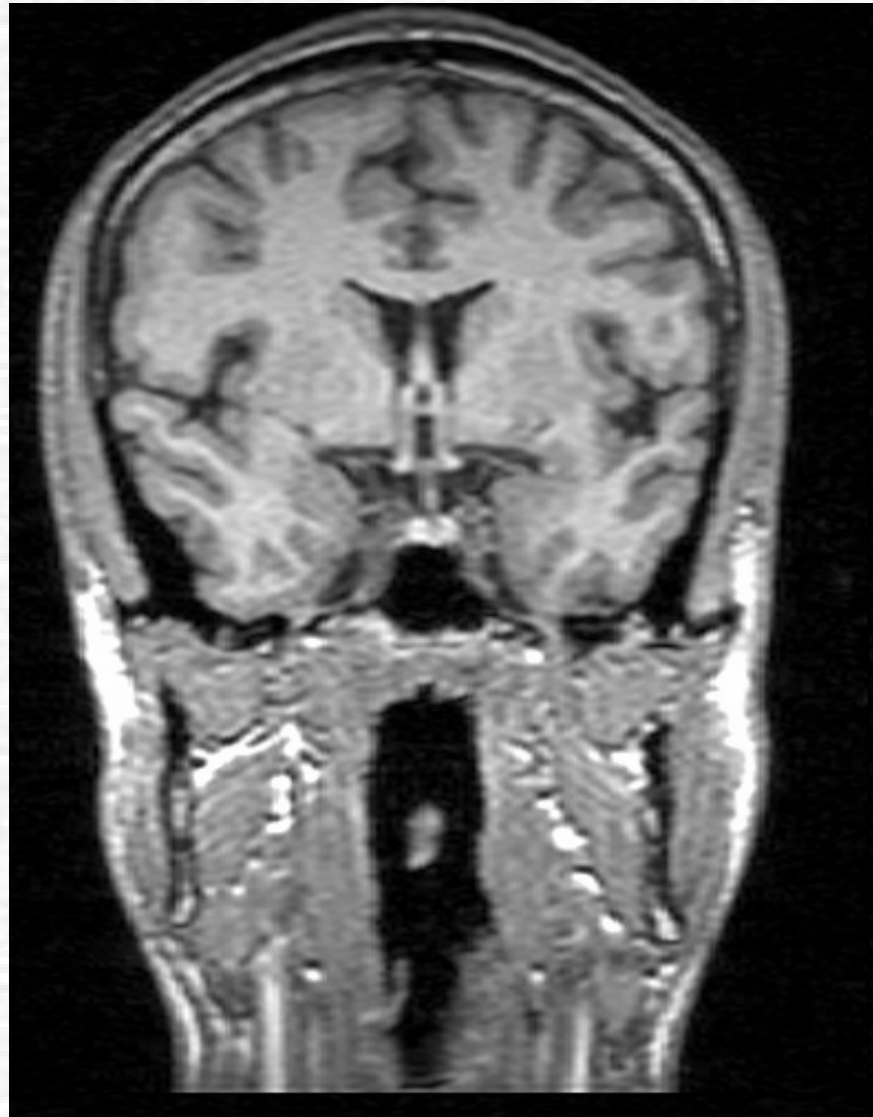


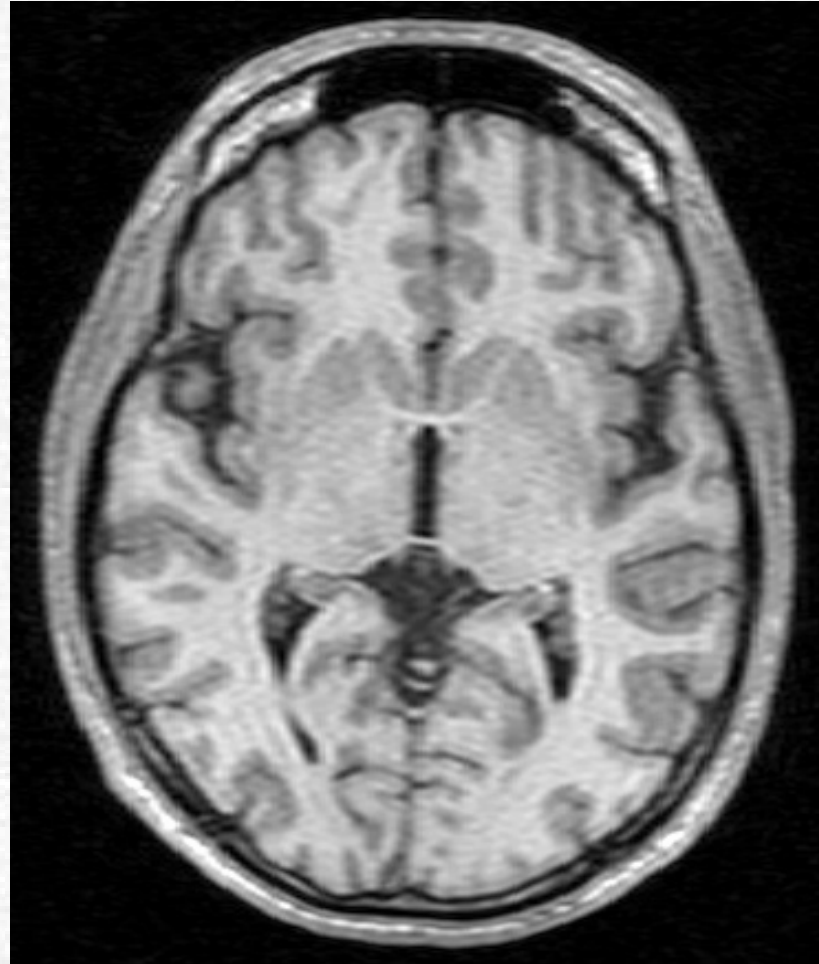
3 Při opětovném vyrovnání os všech protonů vznikají slabé rádiové signály, které detektor v přístroji zachytí.

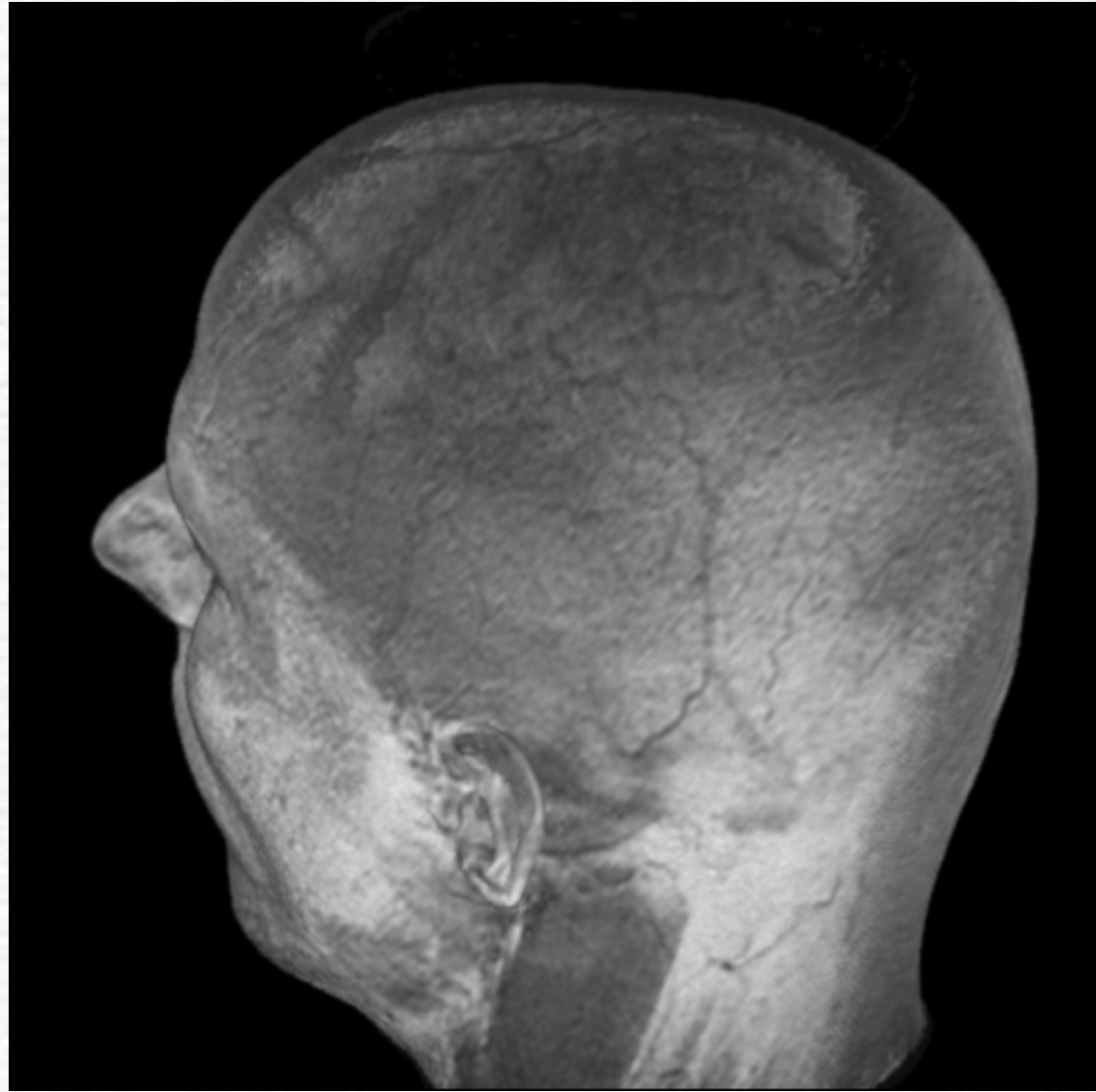
Výsledek zobrazení MR

- ☛ Strukturální zobrazení.
- ☛ **Dvourozměrné průřezy** různými rovinami mozku, nebo **trojrozměrné obrazy** orgánů a struktur
- ☛ MR přesnější (ve srovnání s CT) možné rozlišit šedou hmotu od bíle, cévní zásobení, koncentrace chem. látek, průběh nervových vláken, stav hematoencefalické bariéry









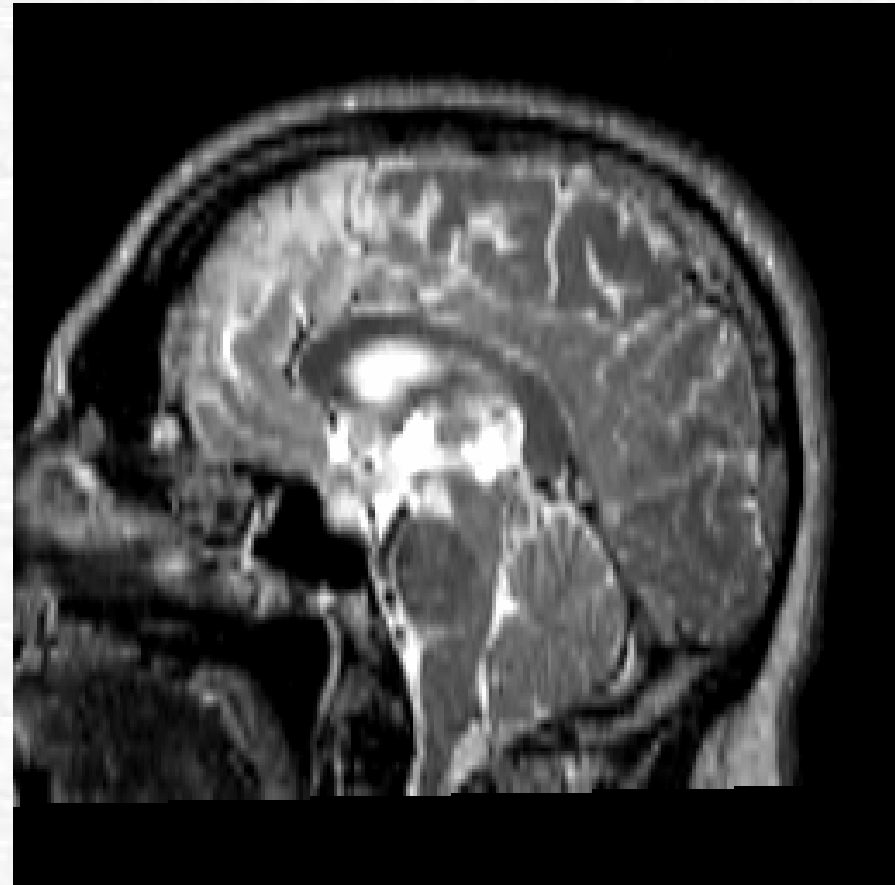
MR – druhy zobrazení

- **T1 vážené obrazy** – voda znázorněná černě a bílá hmota je světlejší než hmota šedá, vhodnější především pro anatomické vyhodnocení CNS
- **T2 vážené obrazy** – voda světlá, bílá hmota je tmavší ve srovnání s šedou. Vhodné zejména pro zobrazení zánětů a nádorů mozku.

T1



T2

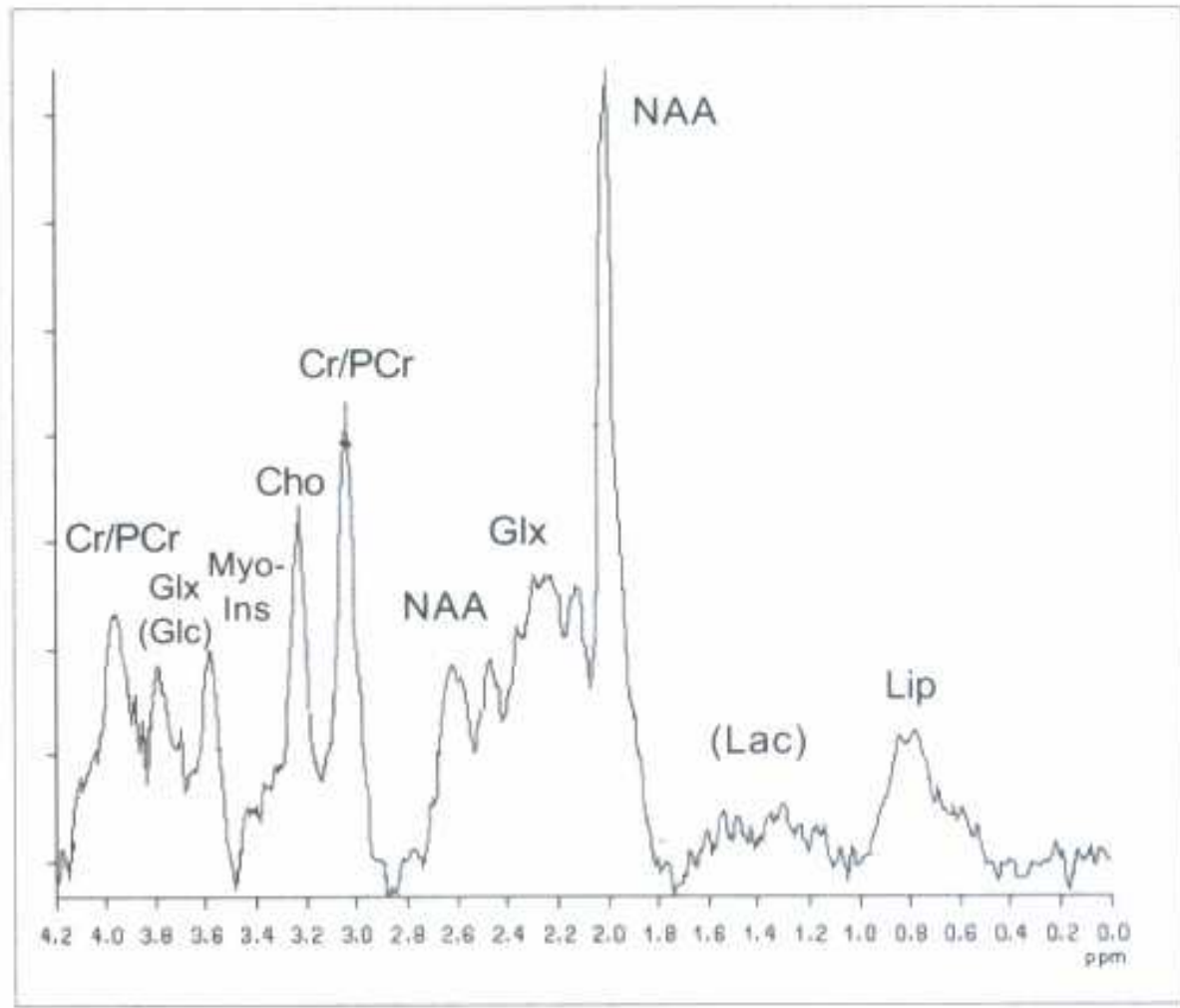


Co diagnostikujeme pomocí MR?

- Akutní ischemie
- Nádory
- Demyelinizující onemocnění
- Epileptická ohniska
- Degenerativní onemocnění
- Infekce

MRS – Magnetická rezonanční spektroskopie

- Využívá principu MR ke zjišťování koncentrace určité sloučeniny v určité části mozku.
- Princip - každá molekula má svůj charakteristický spektroskopický otisk.
- Výsledek - spektrum složené z různě vysokých vrcholů o různé frekvenci



MRS – výhody a nevýhody

- Výhody

 - vysoká specificita

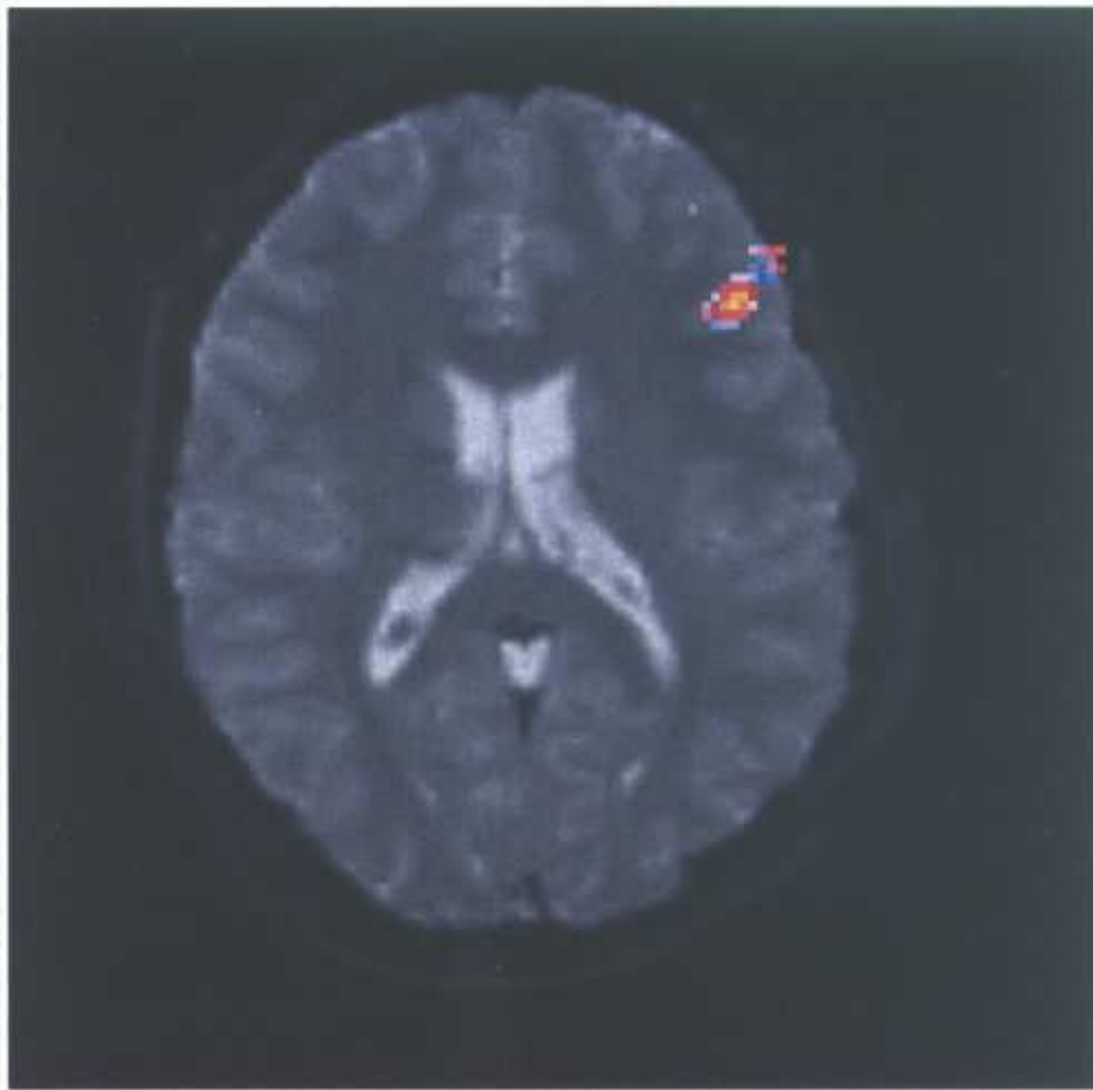
- Nevýhody

 - technická náročnost

 - nízké rozlišování v čase a prostoru

fMR - Funkční magnetická rezonance

- Využívá principů MR ke zjišťování fyziologických dějů probíhajících v mozku- perfúze (krevní průtok)
- Princip – rozdílné magnetické vlastnosti oxigenovaného a neoxigenovaného hemoglobinu





SPECT

Jednofotonová emisní
počítačová tomografie



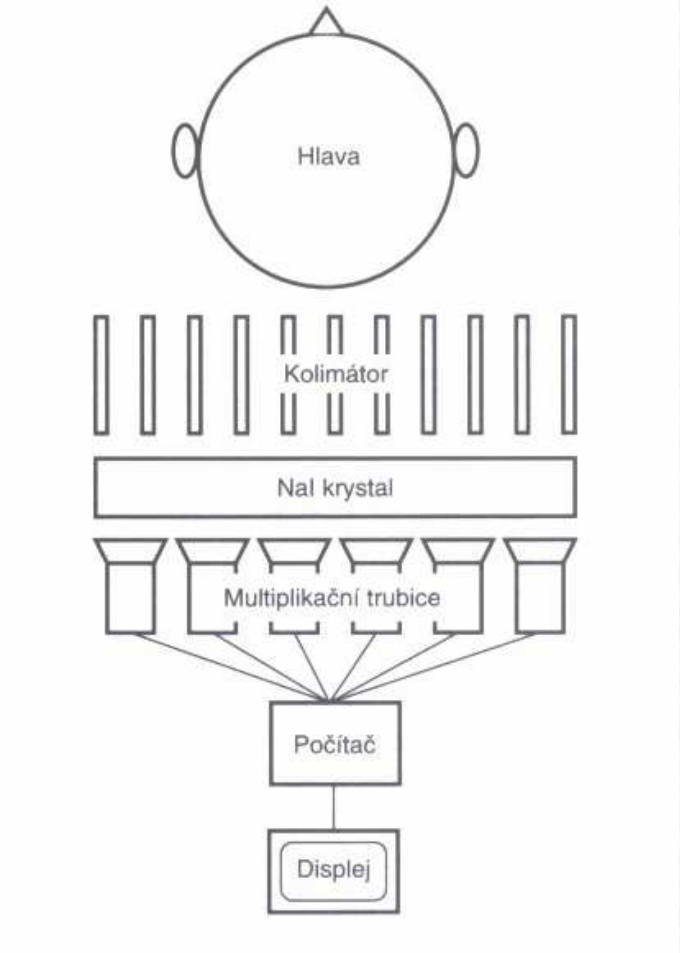


SPECT - princip

- Cílem je: neinvazivní zobrazení krevního průtoku (rCBF – regional cerebral blood flow)
- Využívá radioaktivně značenou látku
- Přístroj zaznamenává dvoj- či trojrozměrné zobrazení distribuce značené látky

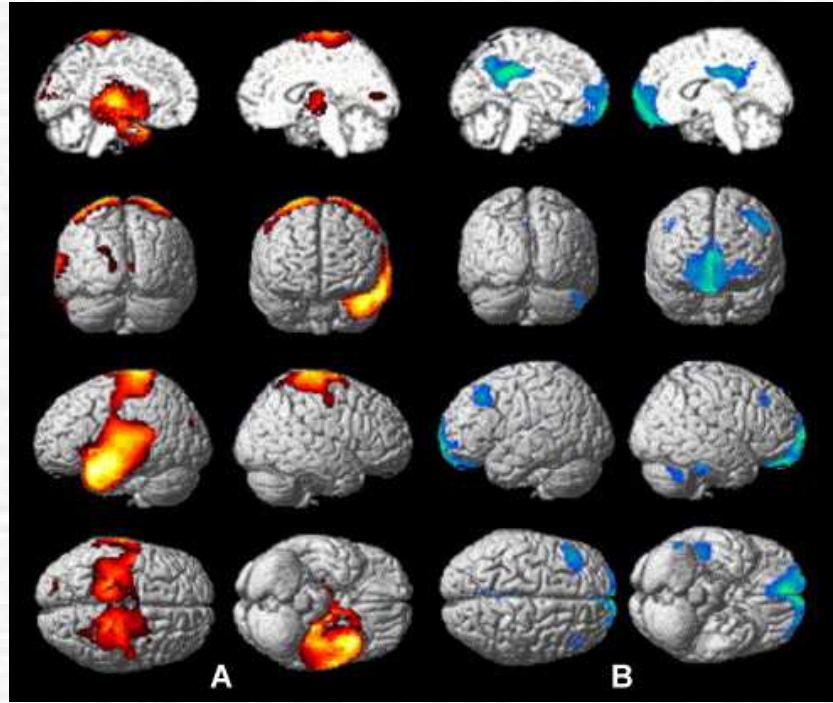
SPECT – postup vyšetření

- ☛ Intravenózně je aplikována látka ^{99m}Tc -HMPAO (jaderný izomer – technecium 99 v metastabilním stavu)
- ☛ Detekce je prováděna gama-kamerou
 - Kolimátor
 - Scintilátor (krystal převádějící gama-paprsky na světlo)
 - Řada fotomultiplikačních trubic
- ☛ Kamera se otáčí kolem hlavy a signál zpracovává počítač



SPECT - výsledek

- ☛ Zobrazuje intenzitu krevního průtoku sledovanou oblastí
- ☛ Získáme barevný obraz (spektrum od světle žluté po tmavě červenou)
- ☛ Často přikládáme výsledek SPECT na obraz z MR



Co diagnostikujeme pomocí SPECT?

- Ischemické stavy
- Degenerativní onemocnění
- Epilepsii
- Poruchy funkčního systému hybnosti

Výhody a nevýhody SPECT

✓ Výhody

- Metoda je levná a relativně dostupná
- Umožňuje funkční, hemodynamické a chemické mapování mozku dohromady

✓ Nevýhody

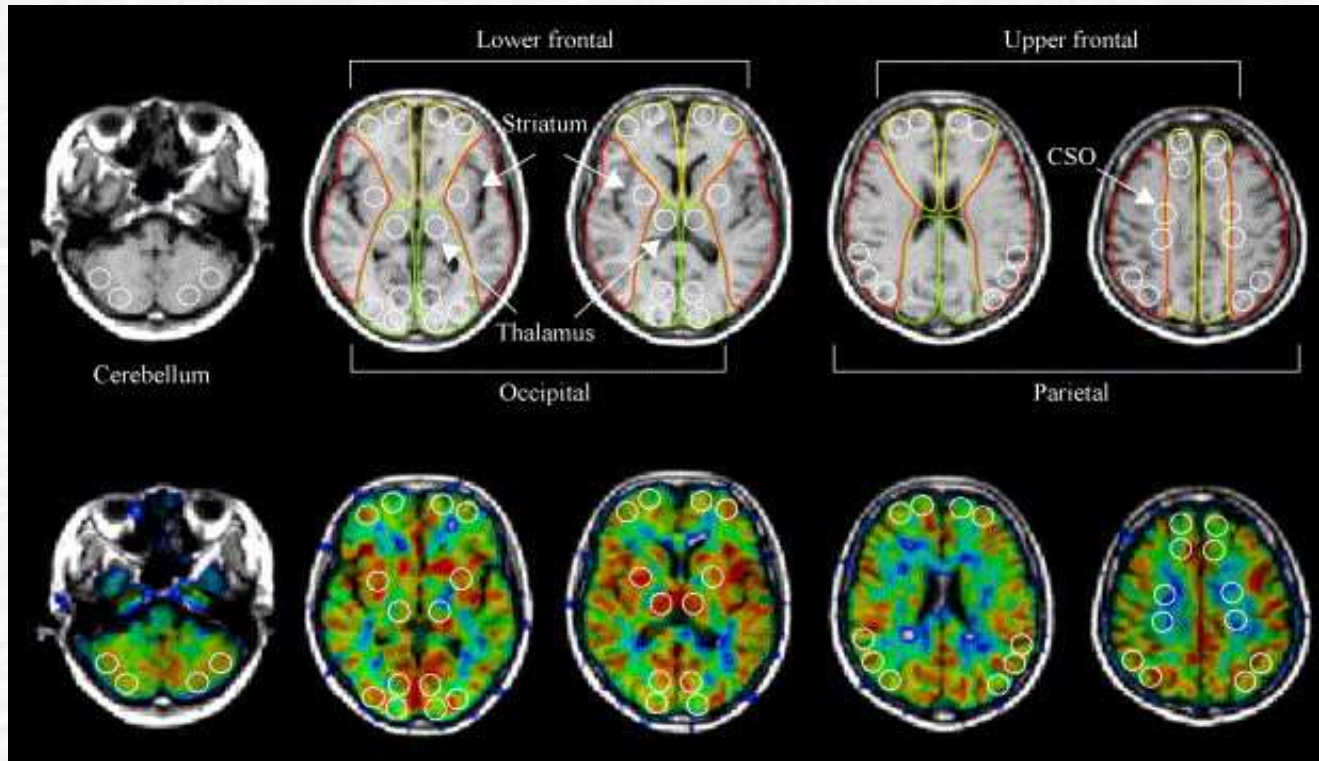
- Zátěž ionizujícím zářením
- Měření je relativní
- Nízká časová a prostorová rozlišovací schopnost



PET

Pozitronová emisní
tomografie







Srovnání ZM

Srovnání funkčních ZM

metoda	prostorová rozlišovací schopnost	časová rozlišovací schopnost	senzitivita detekce radiofarmaka	zdroj informace	výhody	nevýhody
PET	4 mm	od 45 s výše	10^{-12} mol (pM)	emise pozitronů	zobrazení receptorů	záření
SPECT	5–20 mm	minuty	10^{-12} mol (pM)	emise fotonů	zobrazení receptorů	záření
fMRI	1–1,5 mm	3–5 s		excitace jader	neinvazivní, není záření	nemožnost absolutní kvantifikace
Xe/CT	5 mm	minuty		transmise fotonů	cenová dostupnost	záření



(r)TMS

Repetitivní transkraniální
magnetická stimulace



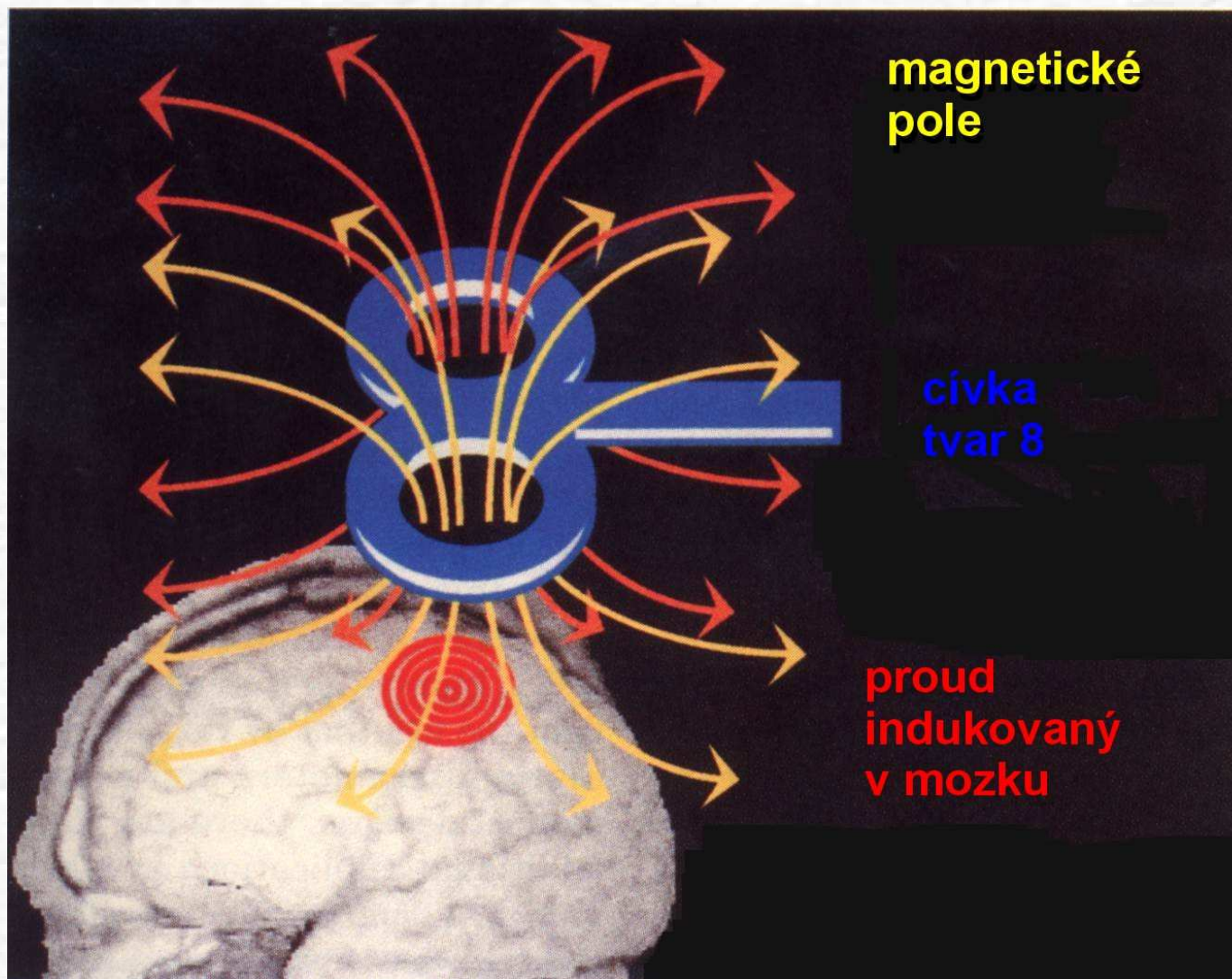


rTMS – princip 1

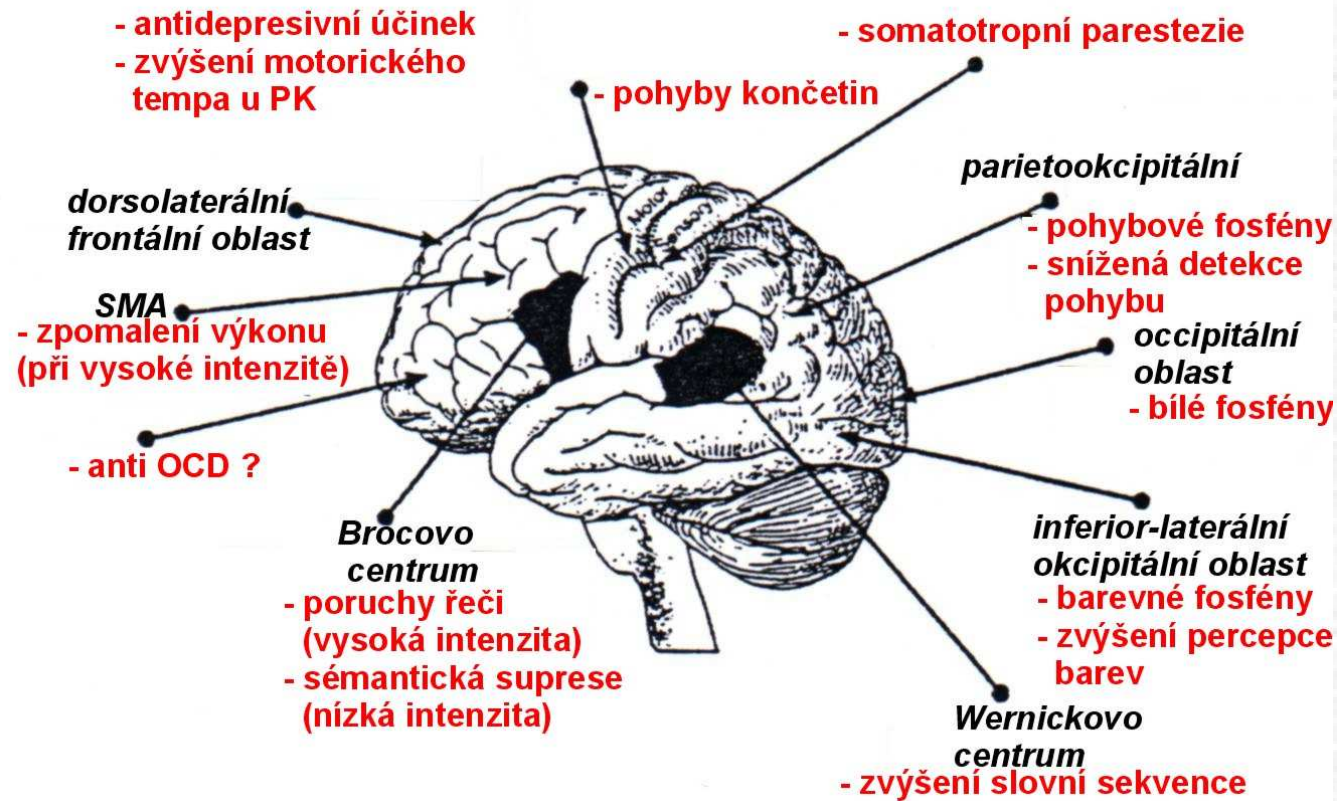
- elektromagnetické indukce
 - lokální elm. pole a proudy = cílené působení
- sekundárně ovlivnění dalších transsynaptických struktur

PŘÍSTUP K MOZKU PŘES KONVEXITY
HEMISFÉR A MOZEČKU

rTMS – princip 2



Lokální účinky TMS



The image features a light blue background with a fine grid pattern. At the top and bottom, there are decorative horizontal bands with wavy, dark blue lines. The central text is a URL.

www.med.harvard.edu/AANLIB/home.htm



Děkujeme za pozornost