

# ZÁKLADY NEUROPSYCHOLOGIE: ZOBRAZOVACÍ METODY

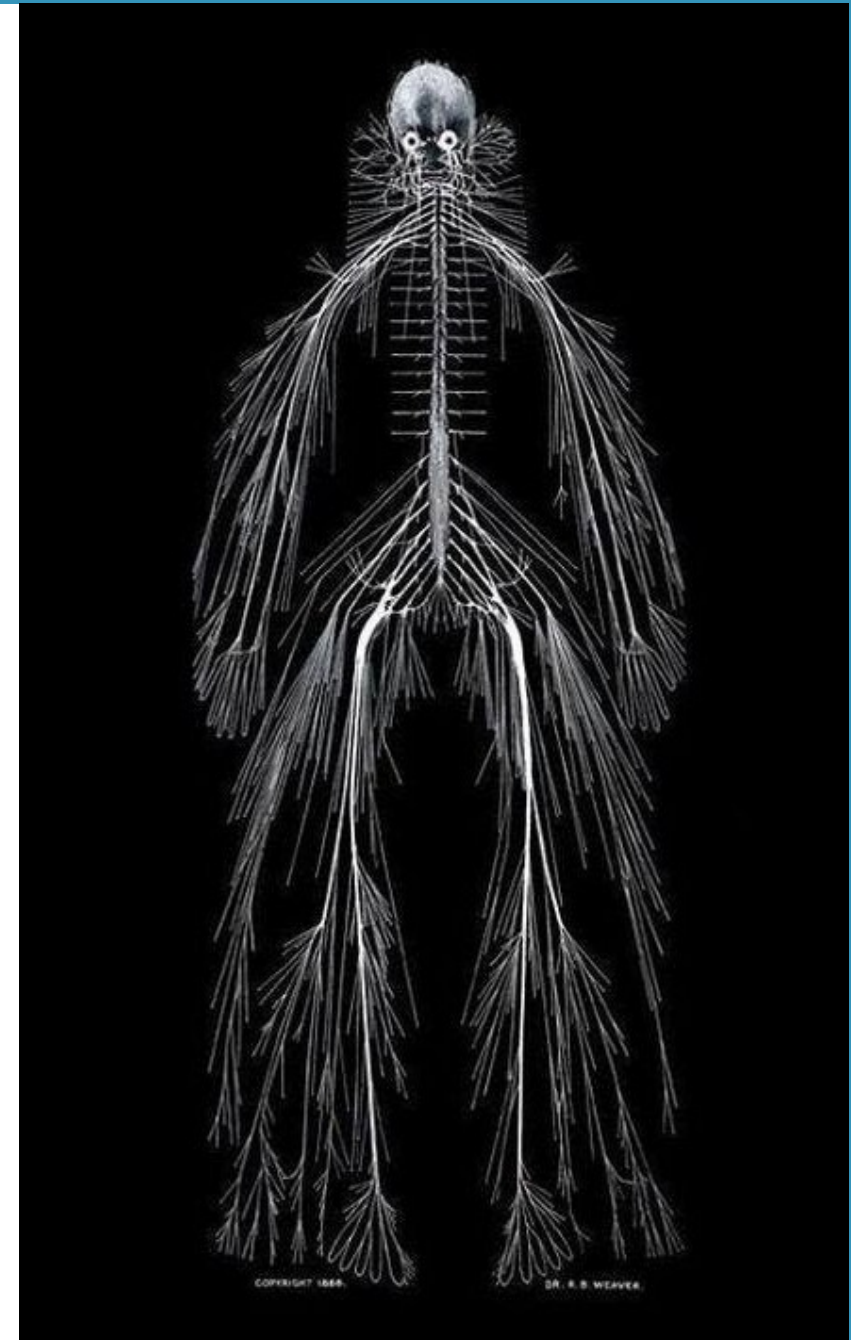
---

Ing. Alžběta Šejnoha Minsterová

Podzim 2019

# Zobrazovací metody CNS

- EEG - elektroencefalografie
- CT – počítačová tomografie
- MRI – magnetická rezonance
  - MRS (MR spektroskopie)
  - fMRI (funkční MR zobrazování)
  - DTI (difusní MR zobrazování)
- SPECT – jednofotonová emisní počítačová tomografie
- PET – pozitronová emisní tomografie



# Rentgen?

- Mozková tkáň není vidět
- Všechno záření pohltí kosti



# Zobrazovací metody CNS

- Diagnostika
- Změna struktury nebo funkce CNS
- Indikace!
  
- Invazivní x neinvazivní
- Strukturní x funkční



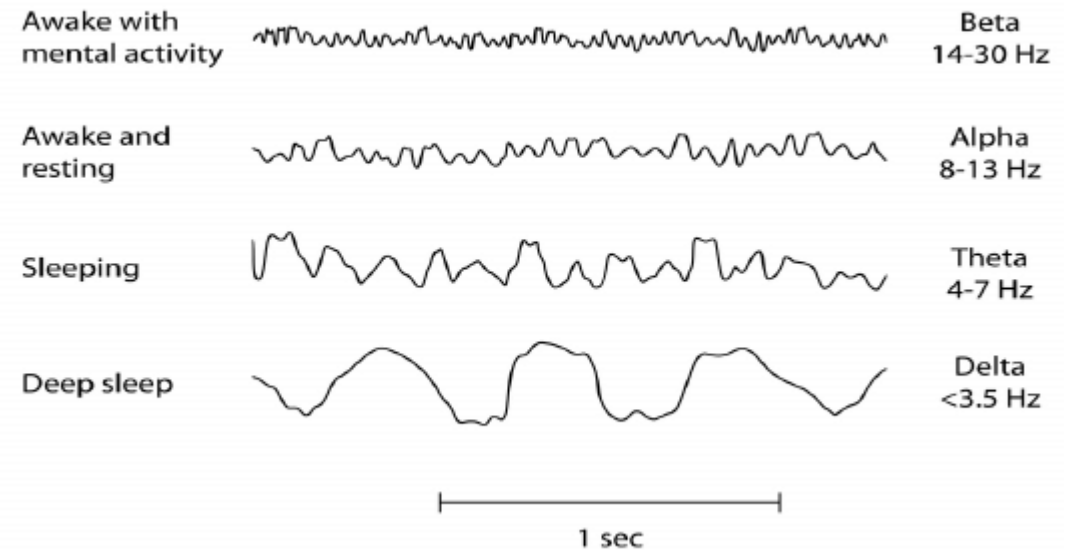
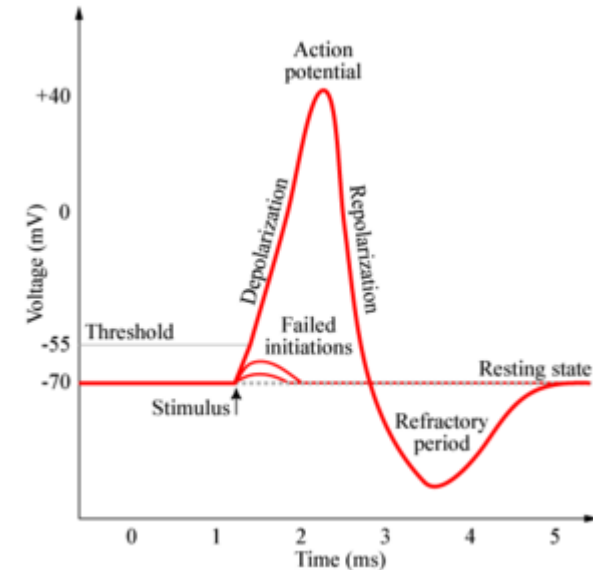
"We've given you a brain scan and we can't find anything."

# EEG - elektroencefalografie

- Sleduje bioelektrické potenciály mozku
- Snímání z povrchu hlavy
- Multimodální přístup – možné použít dohromady s MRI
- Diagnostika epilepsie, spánkových poruch
- Terapie EEG biofeedback
- Video EEG
  
- Nevýhody:
  - Náchylnost k artefaktům (vlivem pocení, mrkání, vnějších elektromagnetických vlivů)
  - Nepřesnost (signál prochází přes lebku)

# EEG – elektrický potenciál

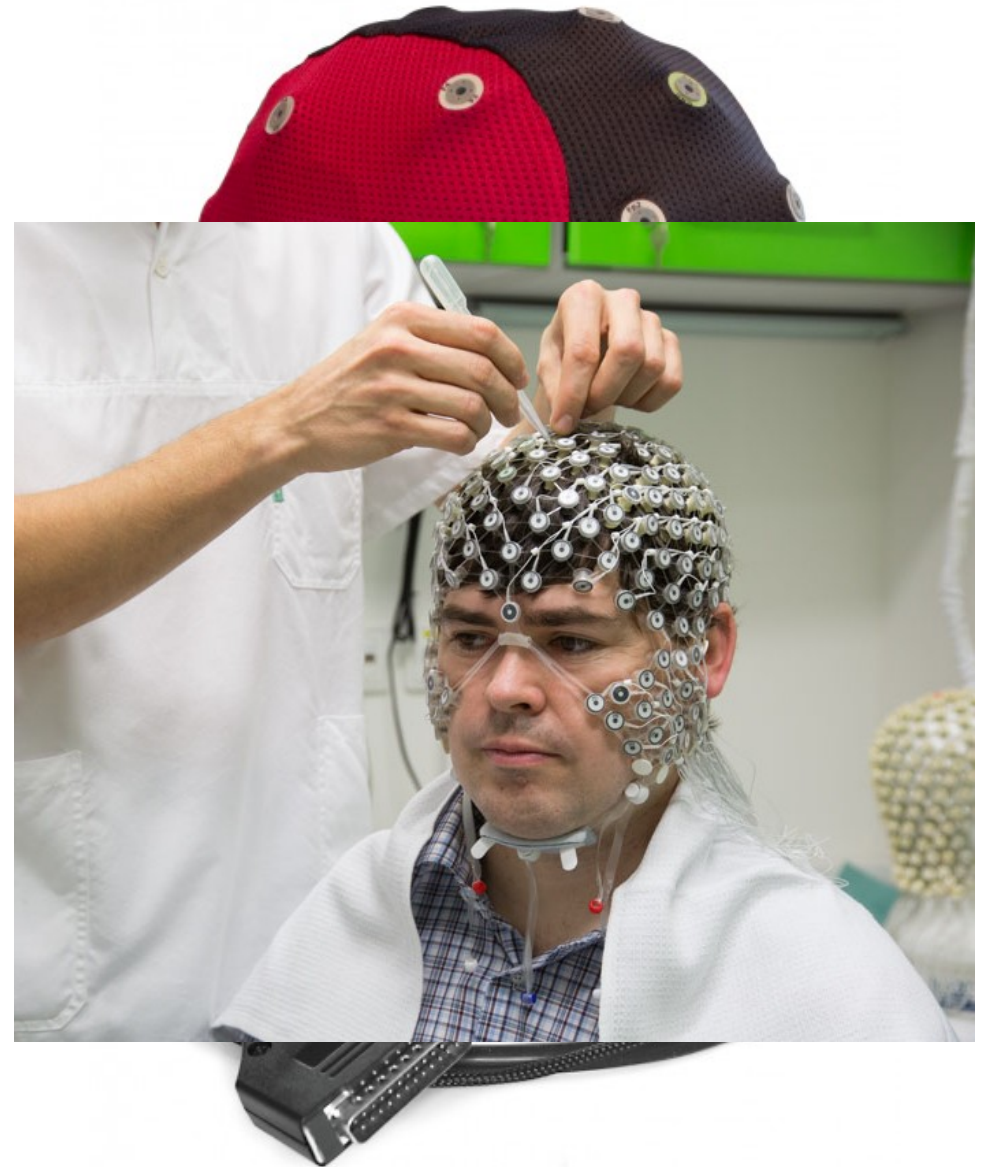
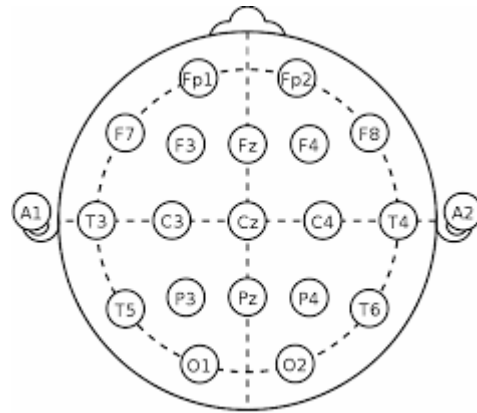
- Vzniká přesuny  $\text{Na}^+$  a  $\text{K}^+$  iontů ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPáza=sodno-draselná pumpa)
- Klidový stav -70 mV ( $\text{Na}^+$  extra,  $\text{K}^+$  intracelulárně)
- Stimuly zvyšují napětí
  - Podprahová stimulace
  - Nadprahová stimulace (-55 mV)
- Depolarizace ( $\text{Na}^+$  do buňky, až 50 mV, spotřeba )
- Repolarizace ( $\text{K}^+$  z buňky, až -90 mV)
- Obnovení původního klidového stavu



1 Hz = 1 kmit za sekundu

# EEG - provedení

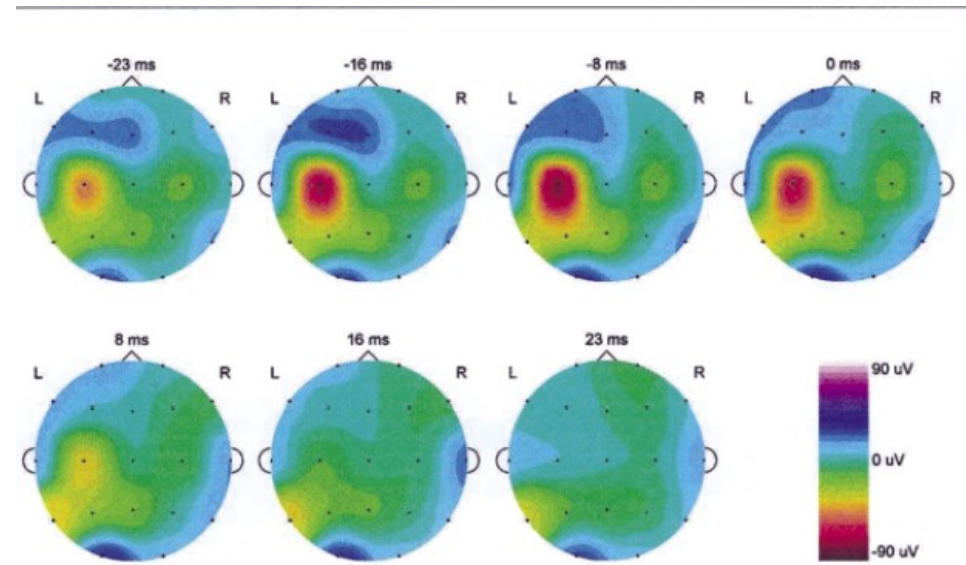
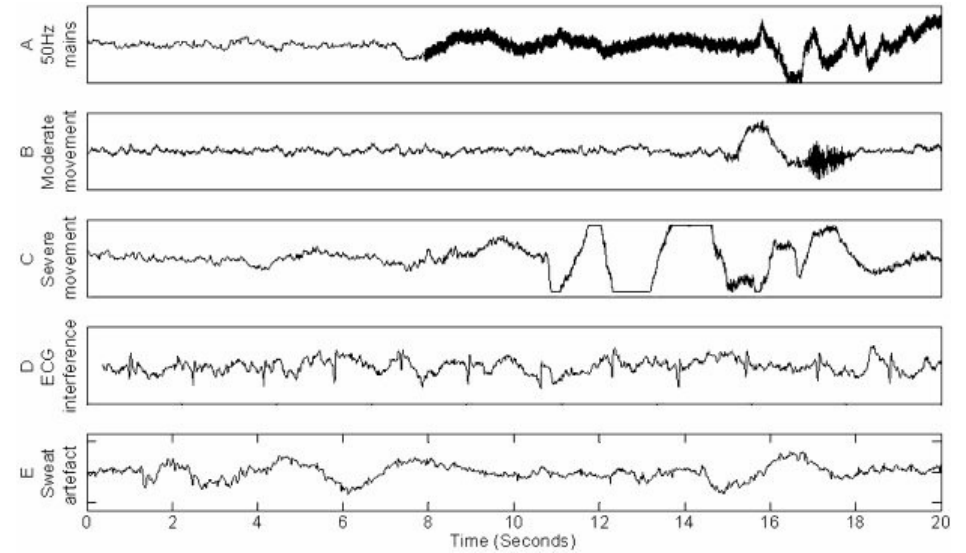
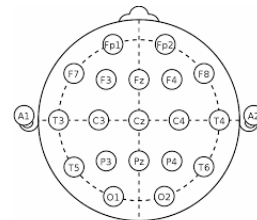
- EEG čepice s elektrodami (19 – 256 svodů)
- Systém 10 / 20
  - F – frontal
  - T – temporal
  - C – central
  - P – parietal
  - O – occipital
  - Lichá čísla – levá hemisféra
  - Sudá čísla – pravá hemisféra
- Referenční elektroda





# EEG - výstupy

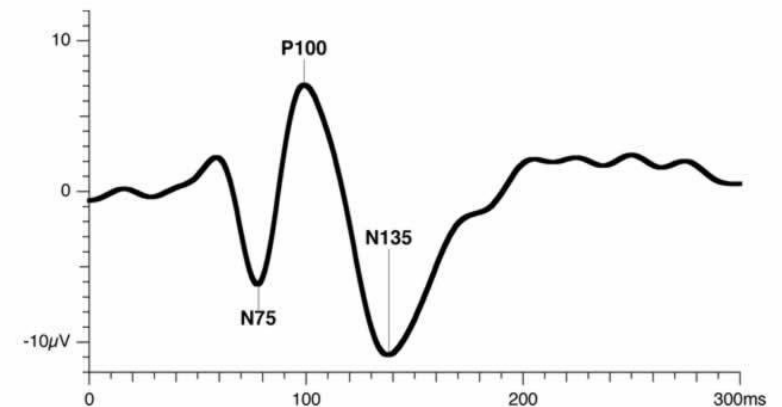
- Elektroencefalogram
- Odstranění artefaktů
- Vyhodnocení
  - Spektrální analýza – zastoupení jednotlivých frekvencí





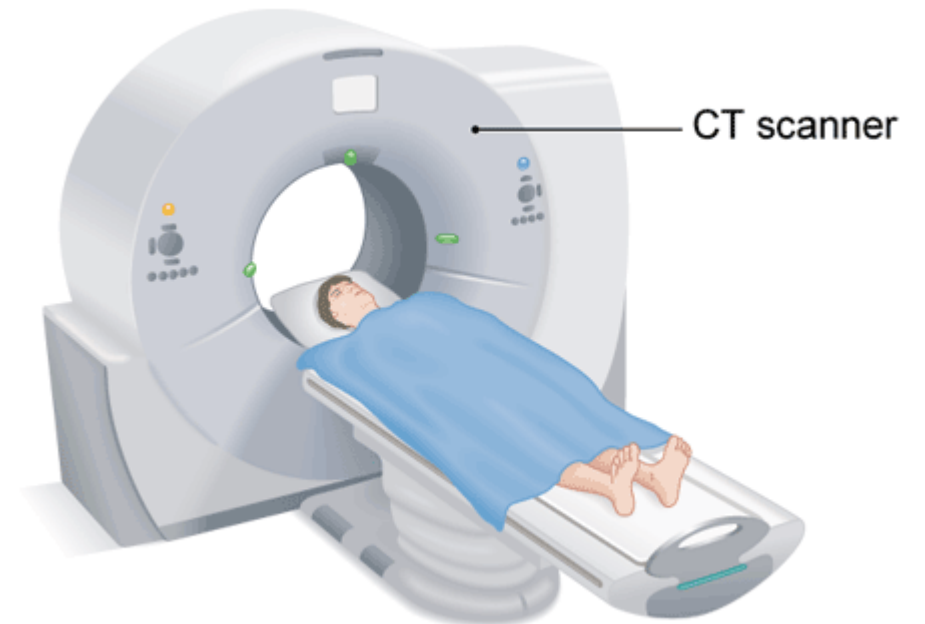
# Evokované potenciály

- Sledování odezvy mozku na vnější stimul (vizuální, zvukový, sensorický)
- Charakteristické křivky – na základě abnormalit (amplituda, latence) lze hodnotit poškození zapojených drah
- Vizuální EP
  - Stimulus – záblesk, šachovnice
  - N75 – negativní kmit 75 ms po stimulu
  - P100 – pozitivní kmit 100 ms po stimulu...



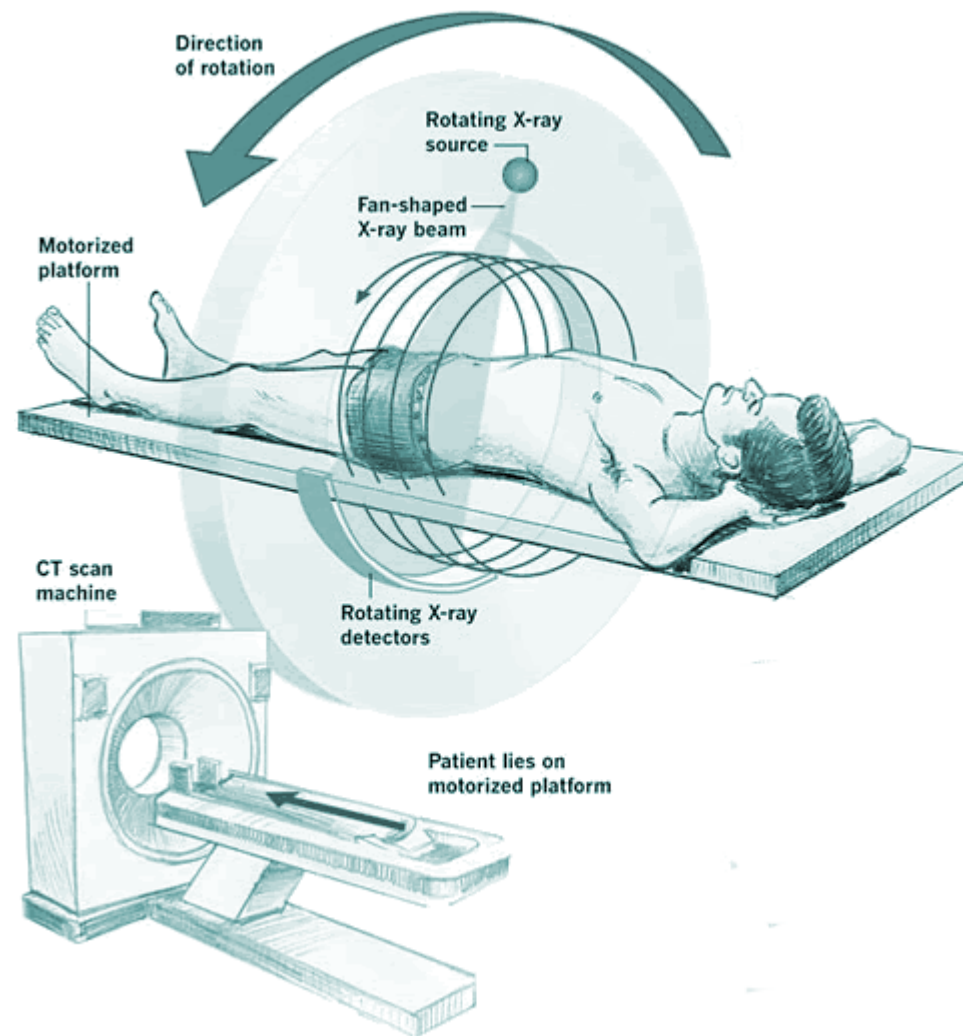
# CT – počítačová tomografie

- Computer tomography (CAT scan)
- Strukturní zobrazení
- Možno s kontrastní látkou – jód, xenon
- Indikace: Krvácení, ischemie, nádory
- Urgentní medicína
  
- Nevýhody: rentgenové záření, nízký kontrast šedá/bílá hmota
- Výhody: rychlost, i pro klaustrofobiky
- Kontraindikace: těhotenství

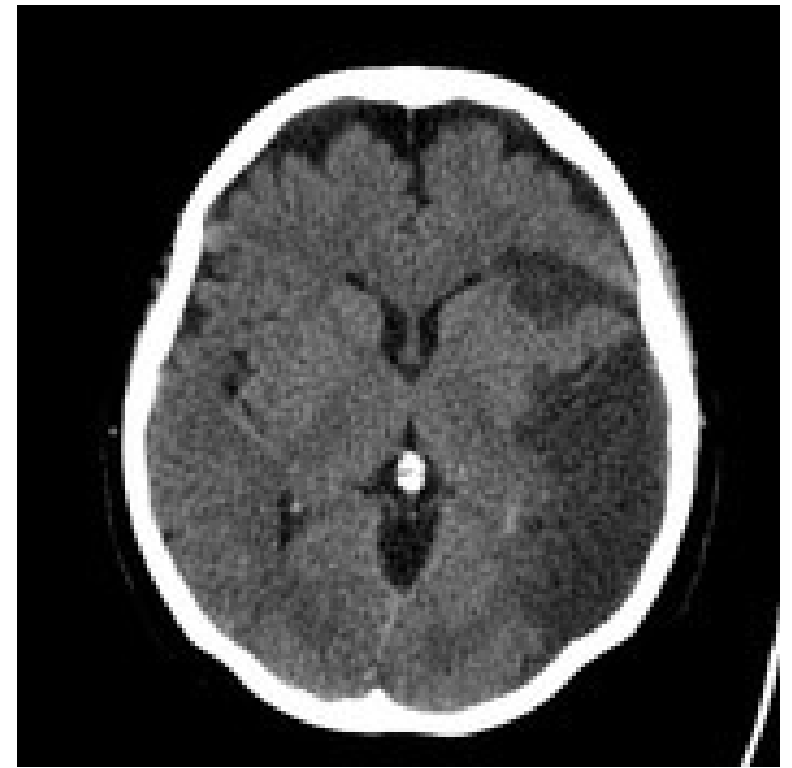
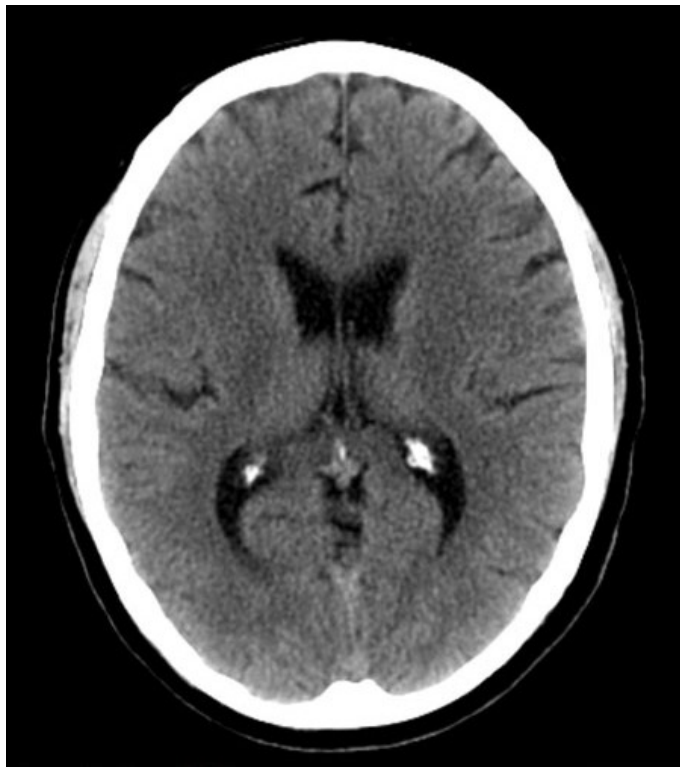


# CT - princip

- Zobrazuje útlum rentgenového záření
- Rentgenka – zdroj záření
- Scintilační detektor
- Gantry

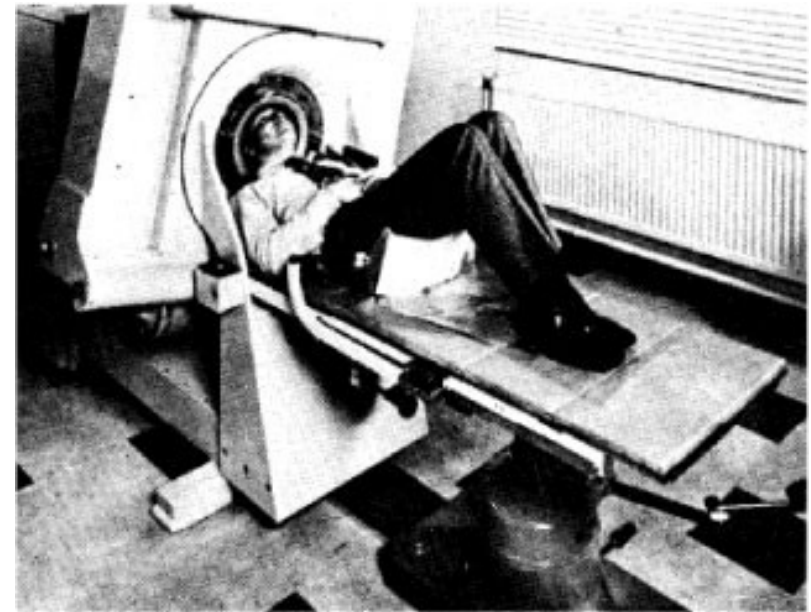


# CT - zdravý / krvácení / ischemie



# CT - zajímavosti

- Matematickou teorii vymyslel rodák z Děčína Johann Radon 1917 – tzv. Radonova transformace
- Nobelova cena za lékařství a fyziologii 1979 – Allan Cormack, Godfrey Hounsfield





# CT – další použití

## Sochy

- Odhalení skrytých defektů nebo materiálového složení
- 2004 a 2016 skenování věstonické Venuše
  - „Výsledky potvrdily, že Venuše je z jemné hlíny smíchané s vodou. Jsou v ní ale navíc i malá bílá zrníčka, což může být vysrážený vápenec nebo úlomky kostí. Objevil se také pikantní detail: na hýždích sošky se zachoval otisk prstu dítěte starého asi deset let.“

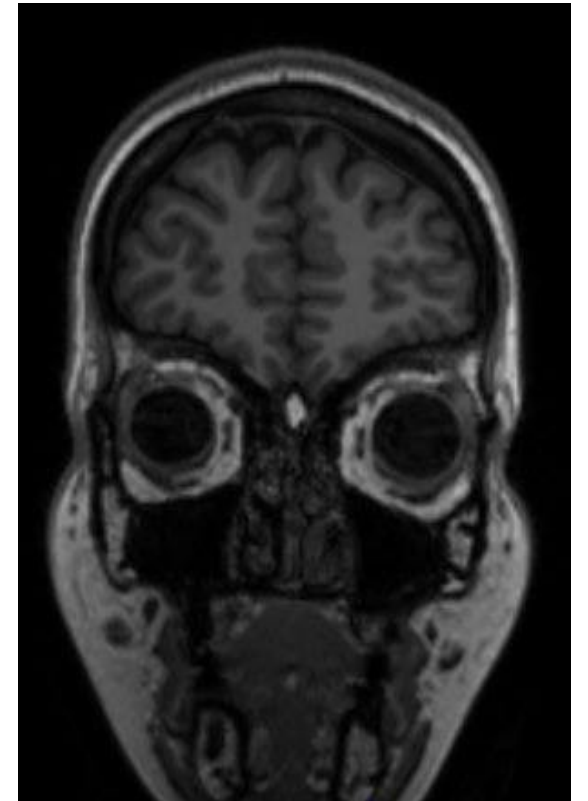
## Mumie

- Zkoumání anatomie, antropometrie, patologií a procesu mumifikace
  - “Mummies don't move, so that makes them relatively cooperative patients.”



# MR – magnetická rezonance

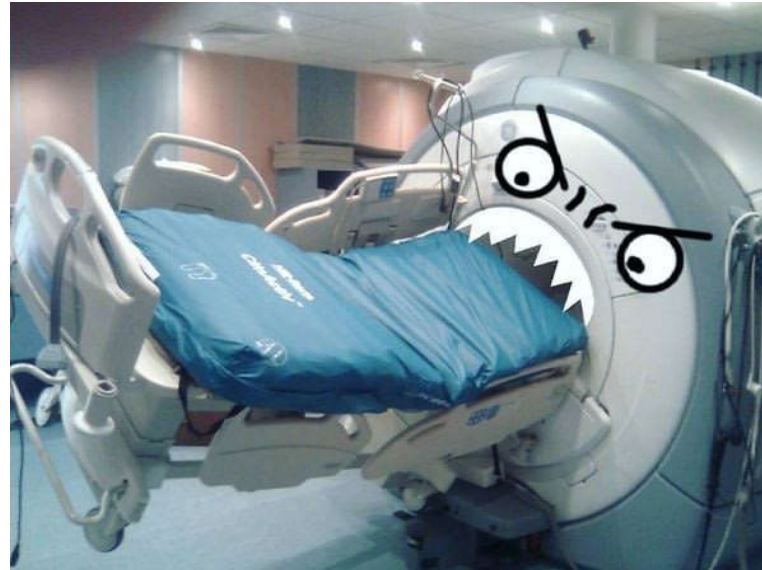
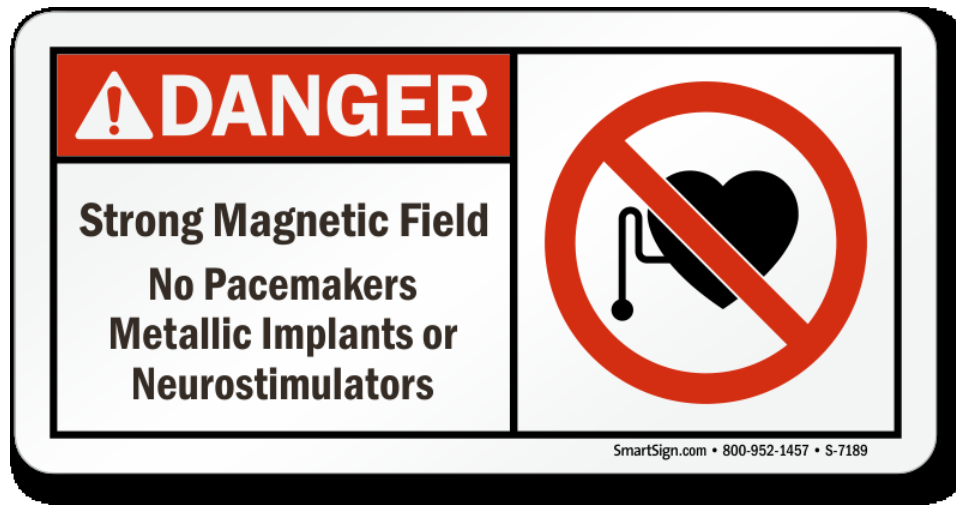
- MRI – magnetic resonance imaging, NMR – nukleární magnetická rezonance, MRJ – magnetická rezonance jader)
- Strukturní i funkční
- Možno s kontrastní látkou - gadolinium
- Indikace
  
- Nevýhody: drahá
- Výhody: Bez ionizujícího záření, dobrý kontrast šedá/bílá hmota
- Kontraindikace: kardiostimulátory, kovové implantáty/svorky/stenty, první trimestr těhotenství





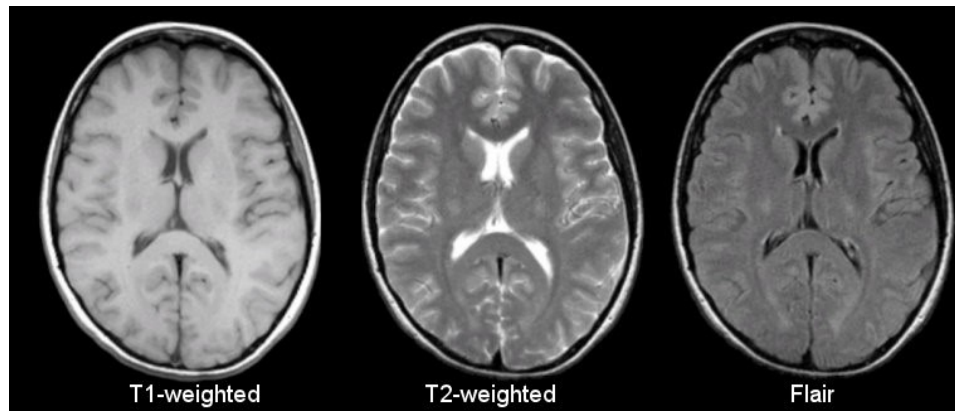
# MR - princip

- Zobrazuje změnu magnetických vlastností tkáně v silném vnějším magnetickém poli
- Vnější pole 1.5 – 3 T (magnetické pole Země – desetiny  $\mu\text{T}$ )
- Molekuly vodíku se chovají jako magnetické dipóly
- Budící radiofrekvenční puls
- Přijímací cívka
  
- Různé měřicí sekvence – zvýšení kontrastu mezi tkáněmi, potlačení signálu z jednoho typu tkáně, ...



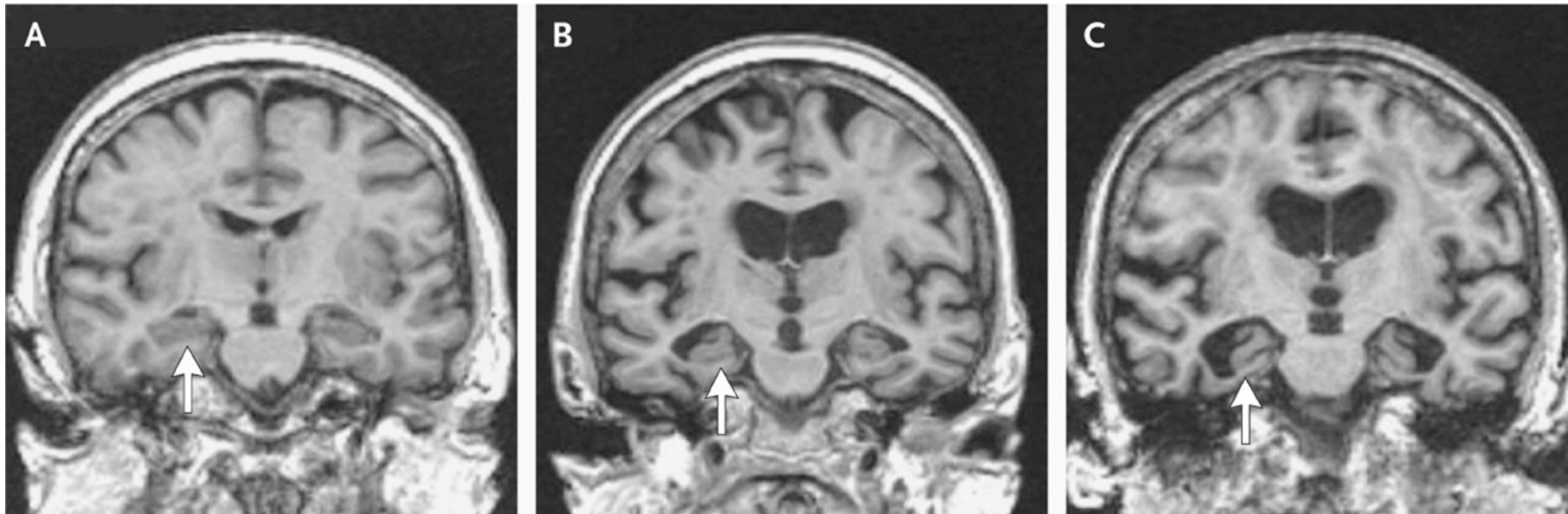
# MR – anatomické (strukturní) snímky

- T<sub>1</sub> kontrast – vychýlení protonů z klidové pozice, rozdílný čas návratu pro různé tkáně
- T<sub>2</sub> kontrast – rozdílná rychlost rozfázování protonů
- FLAIR – T<sub>2</sub>, ale s potlačený signálem mozkomíšního moku



# MR – anatomické (strukturní) snímky

- Použití např. diagnostika Alzheimerovy choroby
  - Atrofie komor, kortexu, hippocampů (paměť)
- A – zdravý, B – mírná kognitivní porucha, C – Alzheimerova choroba



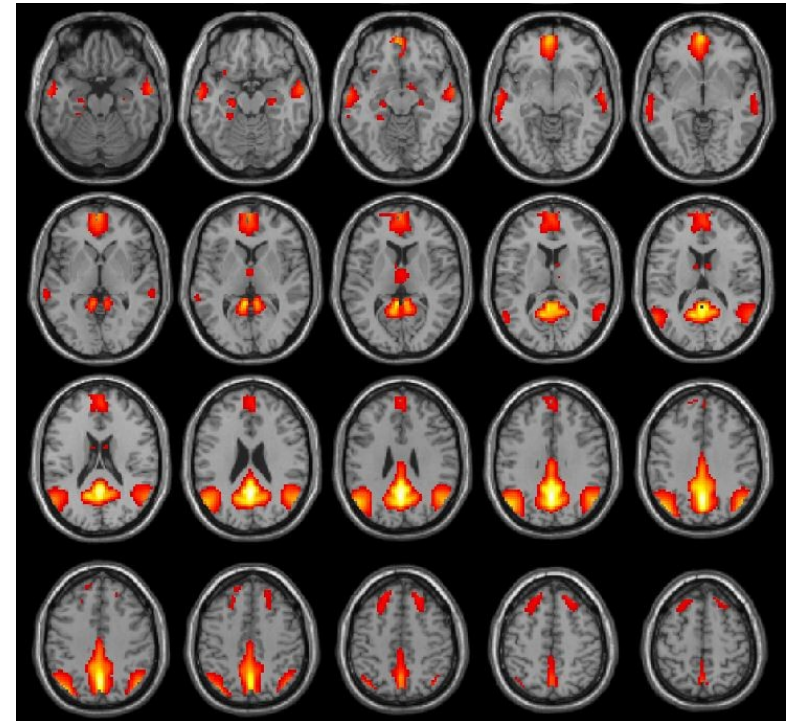
# fMRI – funkční MRI

- Zobrazuje aktivitu mozku na základě prokrvení tkáně
- Detekce oblastí s různou funkcí – motorická centra, řečová centra, ...
- BOLD signál
  - Oxyhemoglobin (magnetické vlastnosti)
  - Deoxyhemoglobin (nemagnetické vlastnosti)
  - Aktivace oblasti mozku → vyšší potřeba kyslíku → vyšší koncentrace oxyhemoglobinu → využití → odchází deoxyhemoglobin
- Perfusní zobrazování
  - Nutnost kontrastní látky (s magnetickými vlastnostmi)



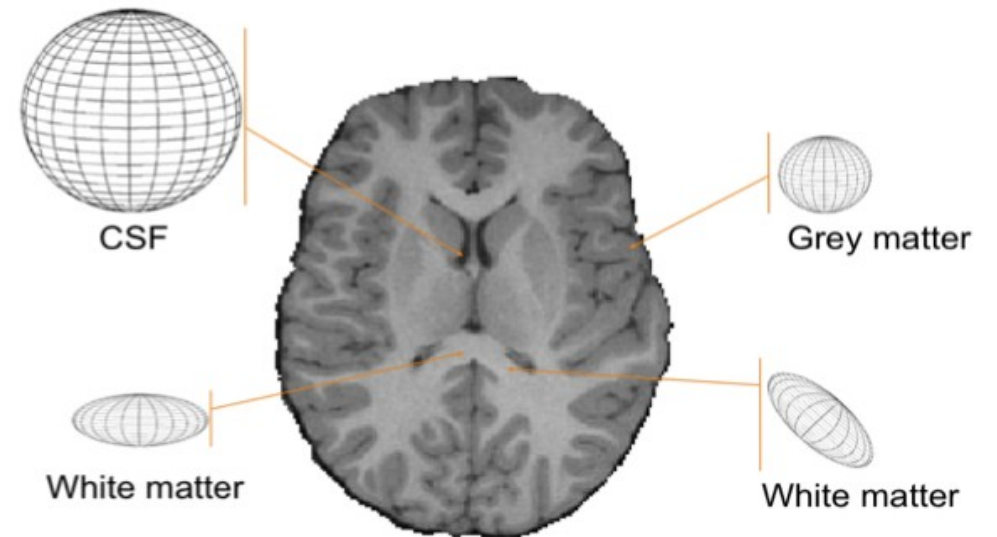
# Resting-state fMRI

- Identifikace oblastí, které jsou aktivní v klidovém stavu
- Zavřené oči, na nic intenzivně nemyslet, nespát
- Obrázek: Default Mode Network (DMN), typická pro resting-state



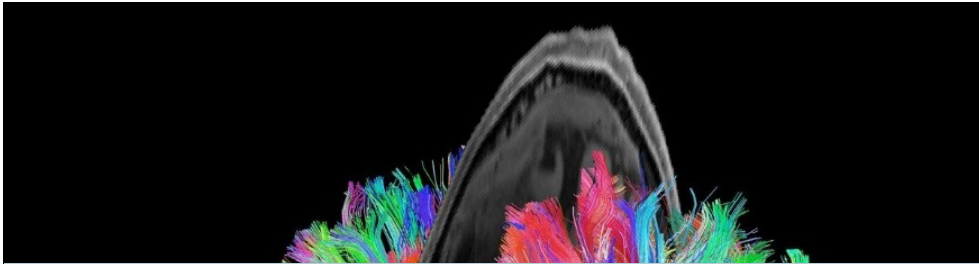
# DTI – diffusion tensor imaging MRI

- Sleduje difuzi molekul vody v mozkové tkáni
- Mozkomíšní mok – bez překážek, volná difuze všemi směry
- Šedá hmota – dendrity, stejné ve všech směrech
- Bílá hmota – trakty, volná difuze podél, omezená kolmo na trakty

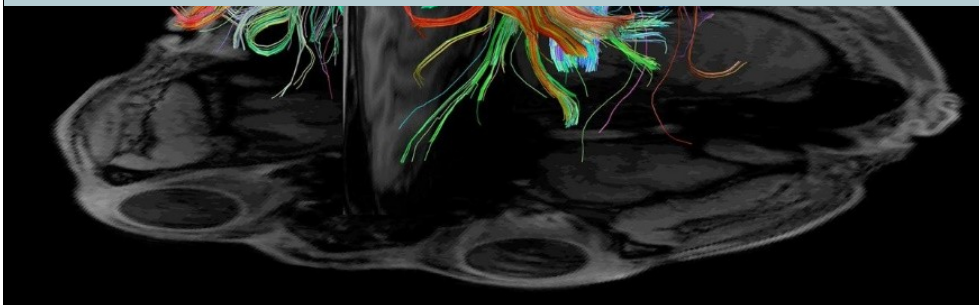




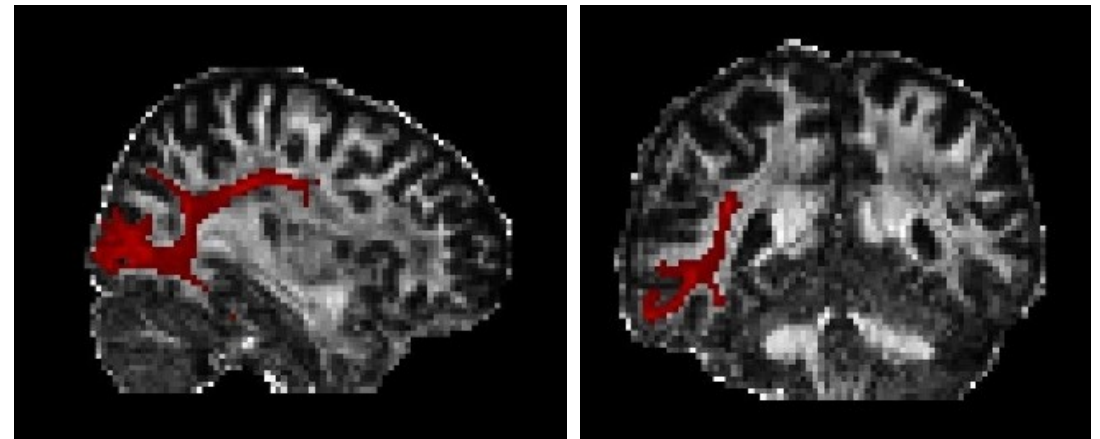
# DTI MRI - traktografie



- Desítky hodin výpočtů
- Žádná klinická informace
- Vizuálně atraktivní
- Vhodné do prezentací

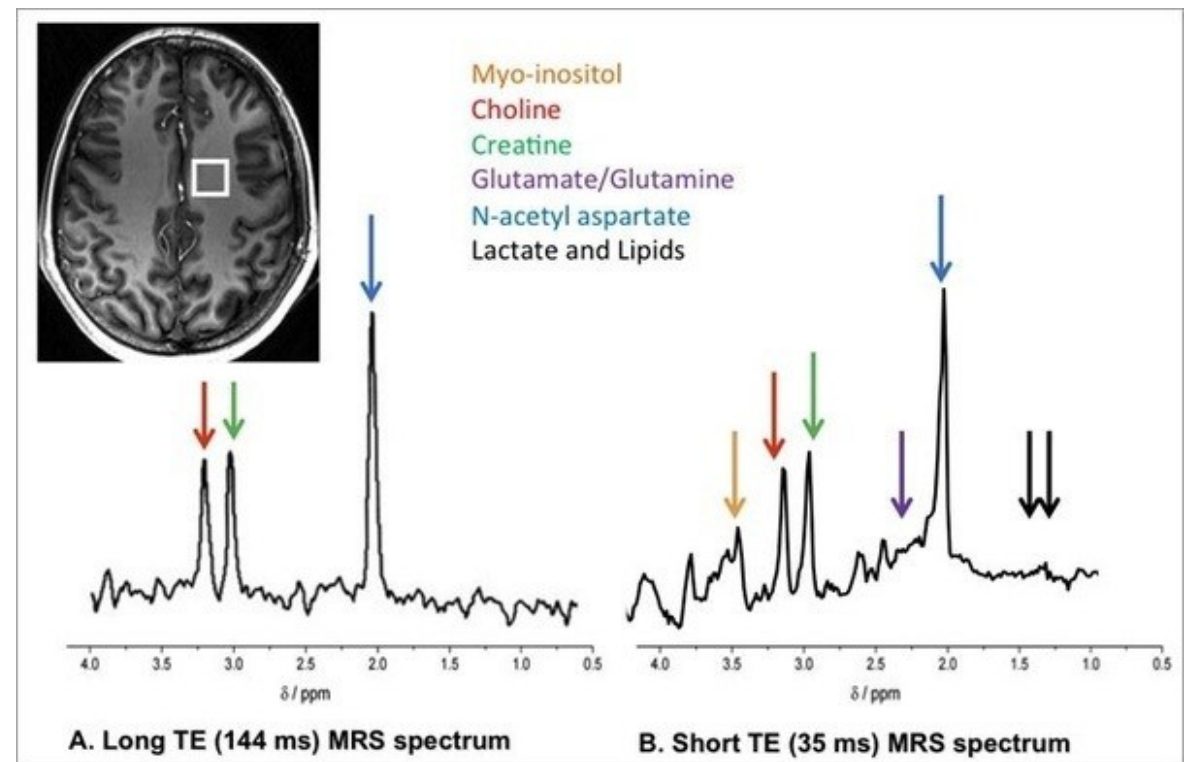


- Ventrální visuální dráha
- Možné srovnat mezi skupinami nebo použít při plánování operace



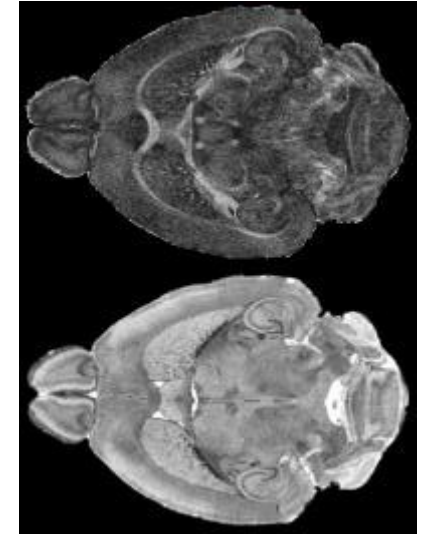
# MRS – MR spektroskopie

- Zhodnocení metabolitů v dané oblasti
- Voxel = 3D pixel
- Spektroskopická křivka
- Neinvazivní verze biopsie
- Např. MRS hippocampů u AD - detekce úbytku neurotransmiterů



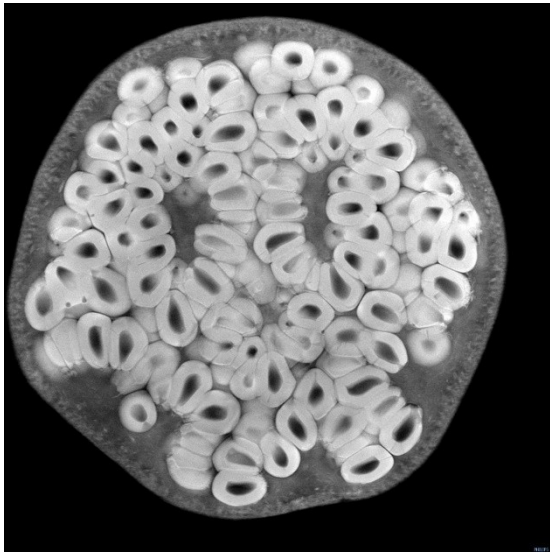
# Animální MRI

- V Brně MR 9.4T na ÚPT AV ČR
- myši, potkani
- ...i jiná zvířata

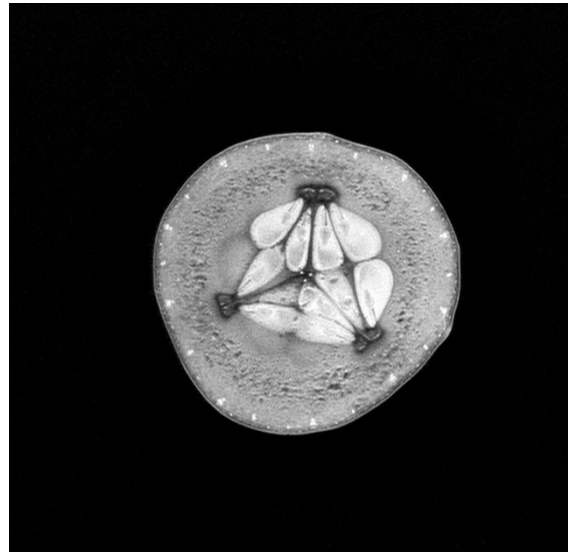




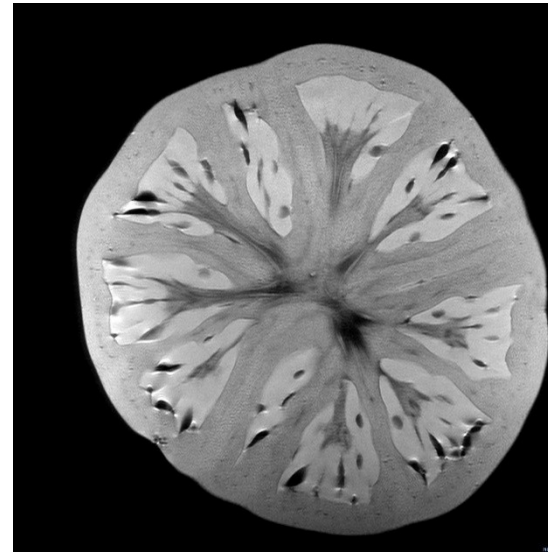
# Ovocné MRI



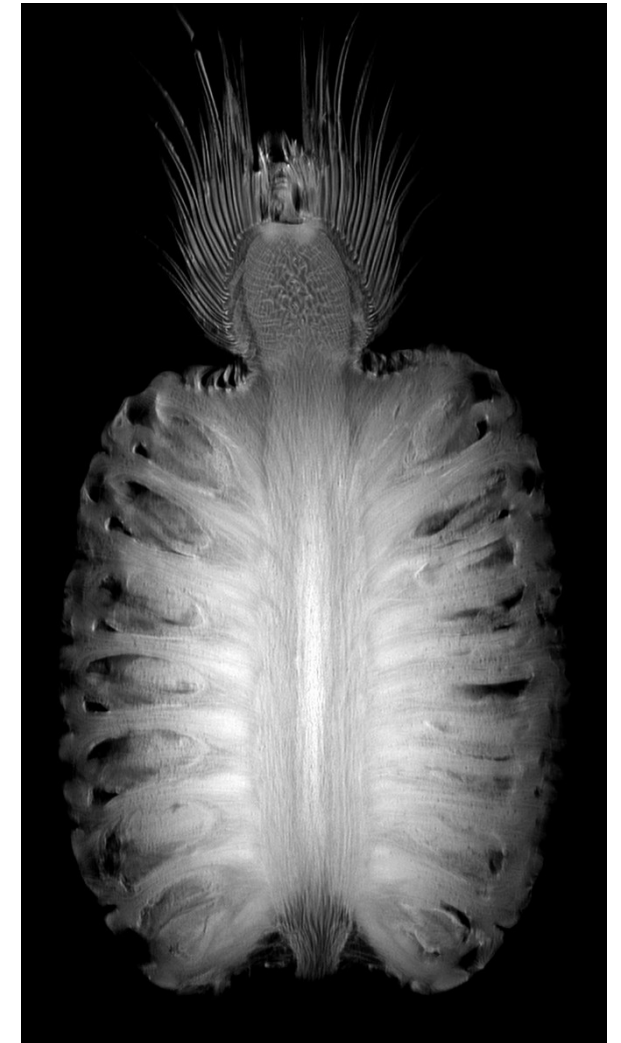
Granátové jablko



Okurka



Rajče



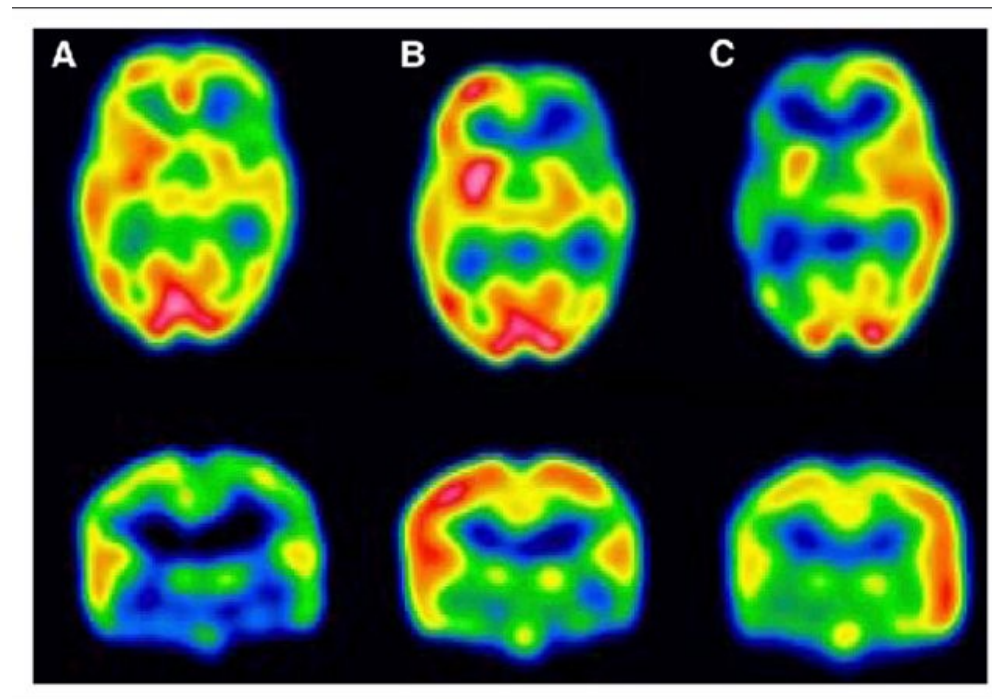
# SPECT – jednofotonová emisní počítačová tomografie

- Single photon emission computed tomography
- Zobrazení průtoku krve
- Radioaktivní kontrastní látka ( $\gamma$  zářič) nitrožilně nebo vdechováním
- Rozdílné KL dle indikace
  
- Nevýhody: horší časové i prostorové rozlišení, radioaktivní KL



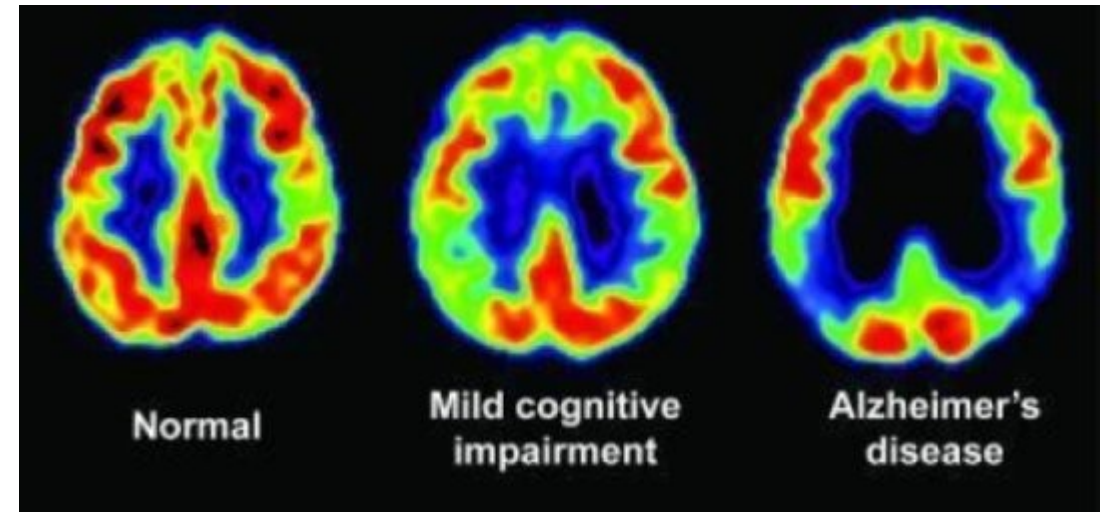
# SPECT - princip

- KL v krvi → emituje  $\gamma$  záření → záření dopadá na detektor (krystal NaI) a přeměňuje se na slabý záblesk světla → záblesk zesílen multiplikačními trubicemi a zaznamenán
- Detektor  $\gamma$  kamera se otáčí kolem hlavy a detekuje záření z různých směrů.



# PET – pozitronová emisní tomografie

- Zobrazení metabolické aktivity
- Radiofarmakum ( $\beta^+$  zářič) nitrožilně, např. značená glukóza ( $^{18}\text{F}$ FDG)
- Metabolicky aktivní/neaktivní oblasti mají větší/menší spotřebu glukózy → hromadění/nehromadění radiofarmaka
- Indikace: nádory, AD, lokalizace epileptického ložiska
- Nevýhody: radioaktivní KL, jejich nedostupnost a rychlý poločas rozpadu
- Kontraindikace: probíhající chemoterapie/radioterapie





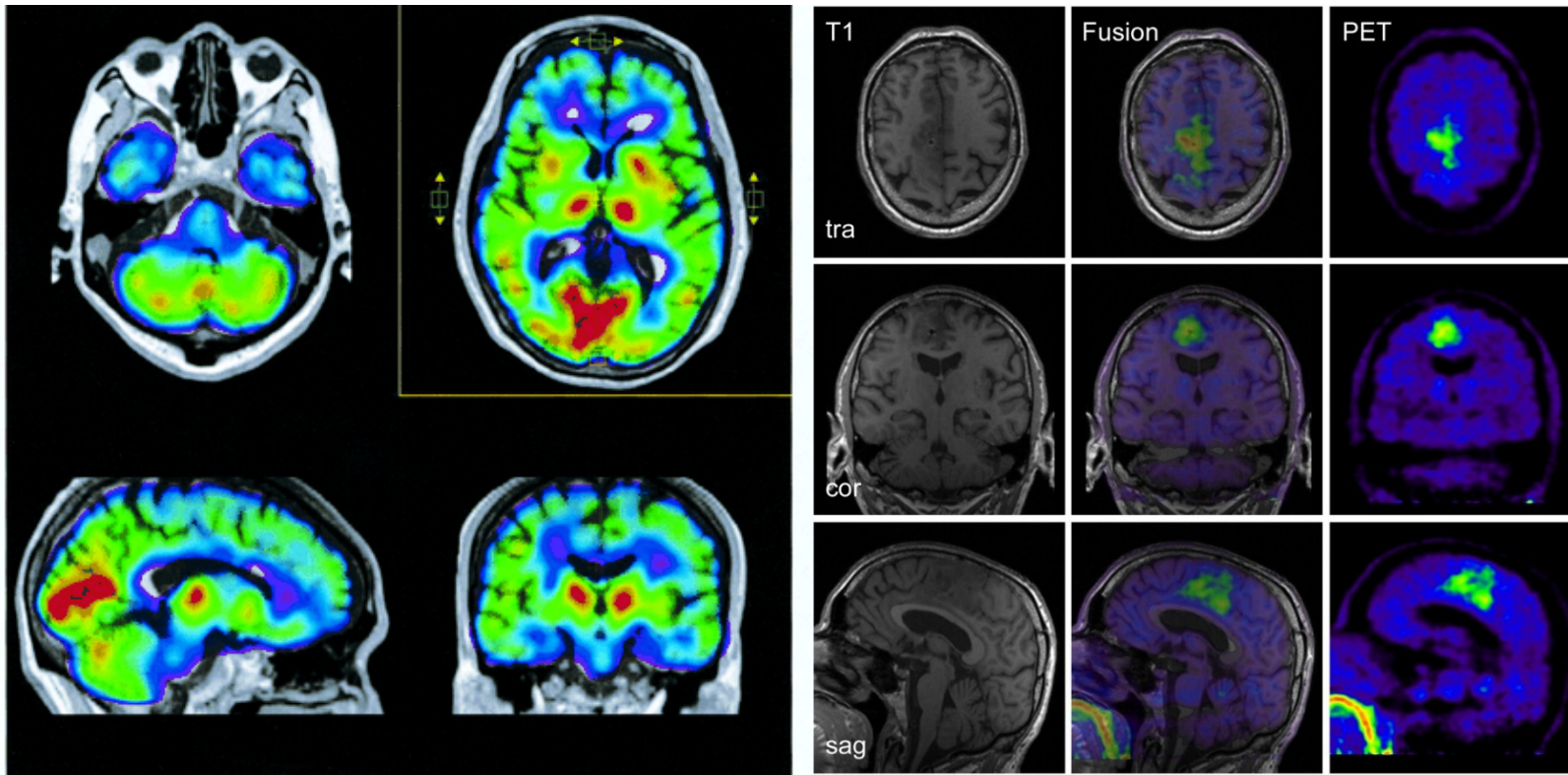
# PET - princip

- PET kamera – prstenec s tisíci detektory
- Radiofarmakum produkuje  $\beta^+$  (pozitron), což je antičástice  $\beta^-$  (elektron)
- Interakce antičástic  $\rightarrow$  anihilace = zánik obou částic za vyzáření energie
- Energie = 2 stejné fotony opačnými směry  $\rightarrow$  podle míst detekce lze dopočítat, odkud byly vyzářeny
- Státisíce anihilací za sekundu

# Multimodální přístup

MR – SPECT

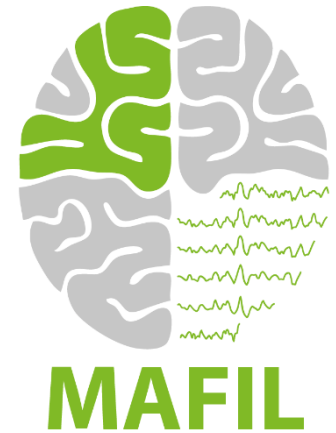
MR - PET



# Zdroje

- Pro všechny  
Kulišťák, P. (2011). Neuropsychologie. Praha: Portál (49 -68)
- Pro zájemce o technickou stránku věci a sebemrškače  
Jan, J. (2006), Medical Image Processing, Reconstruction and Restoration. Boca Raton: CRC Taylor and Francis

# CF MAFIL, CEITEC MU



- Multimodal and Functional Imaging Laboratory
- *„Kromě pacientů se zkoumanou nemocí jsou vždy potřeba i zdraví lidé jako takzvaný kontrolní vzorek, který umožňuje hledat rozdíly ve struktuře mozku. Právě tito lidé se ale výzkumníkům těžko hledají. Vytvořením databáze dobrovolníků, které budou moci oslovovat s prosbou o účast na konkrétní studii, bychom mohli vědcům výrazně pomoci,“ vysvětlil celý záměr Lubomír Vojtíšek z laboratoře MAFIL.*
- <http://mafil.ceitec.cz/informace-pro-dobrovolniky/>
- Dotazy ohledně výzkumů a zařazení do databáze se na nás obračejte na adrese [volunteers.mafil@ceitec.muni.cz](mailto:volunteers.mafil@ceitec.muni.cz).
- <https://www.ceitec.cz/ceitec-mu-hleda-dobrovolniky-na-zkoumani-mozku/t9918>

[alzbeta.minsterova@ceitec.muni.cz](mailto:alzbeta.minsterova@ceitec.muni.cz)

