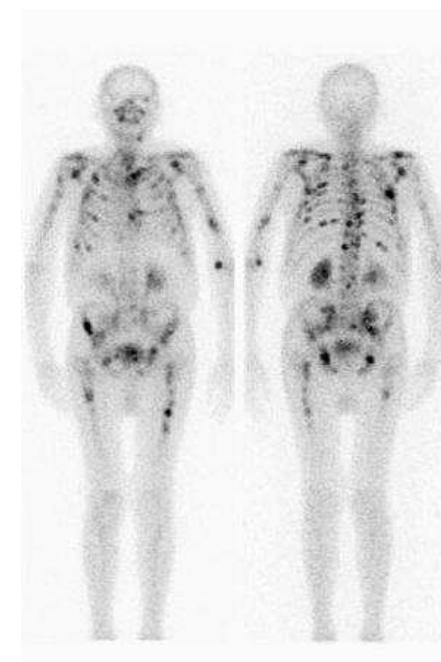
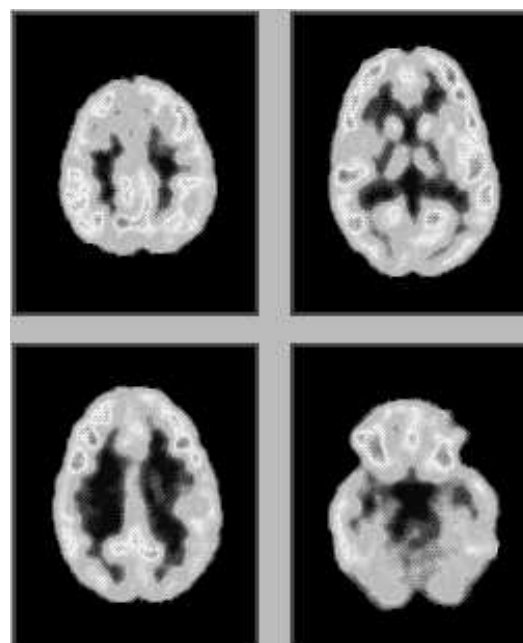
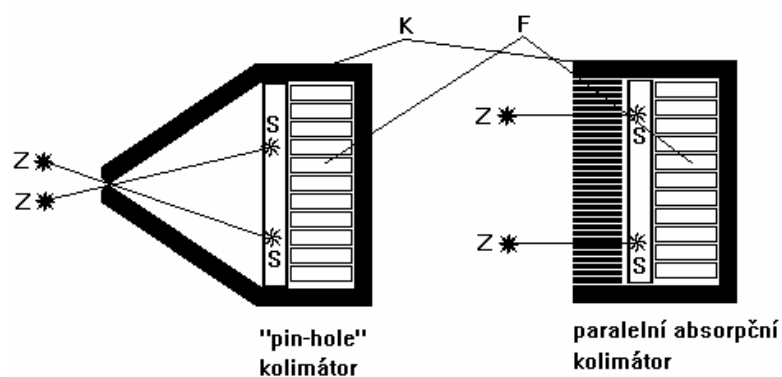


# Přednášky z lékařské přístrojové techniky

Masarykova univerzita v Brně – Biofyzikální centrum



## Radionuklidové zobrazovací a jiné diagnostické metody

# Úvodem

Můžeme definovat tyto hlavní oblasti diagnostického využití radionuklidů:

- **stopování (tracing)**
- **radioimmunoassay**
- **vyšetřování fyziologie různých tělesných orgánů**
- **zobrazení orgánů nebo částí těla**

# Stopování (tracing) a radioimmunoassay

- Stopování (tracing) - radionuklid zaveden do organismu a sledován jeho biochemický či fyziologický osud. Radioaktivita je zjišťována v odebíraných vzorcích. Často zjišťujeme kompartmentové objemy - např. objem volné vody, krevního řečiště, tukových rezerv apod.
- Do organismu dodáme definované množství (známá aktivita) radioaktivní látky a po rozptýlení radionuklidu v celém kompartmentu je zjišťována jeho koncentrace v malém objemu vzorku. Z ní je možno vypočítat, v jak velkém objemu se radionuklid rozptýlil.
- Radioimmunoassay (RIA) je metodou klinické biochemie a hematologie. Používá se pro stanovení velmi malých množství např. hormonů v krvi pacientů. Radionuklid je aplikován mimo tělo a *in vitro* je studována interakce typu antigen-protilátka. Antigen je radioaktivně značen.
- U RIA a stopování jsou používány především  $\beta$ -zářiče (tritium, jód-125, železo-59 aj.), protože detektor může být těsně u vzorku - zdroje záření.

# Scintilační počítač a pohybový scintigraf

- **Scintilační počítač** je tvořen scintilačním detektorem, mechanickou částí a olověným kolimátorem. Kolimátor umožňuje detekci záření pouze z úzkého a ostře vymezeného prostorového úhlu, v němž se nachází vyšetřovaná část těla. Napětové impulsy scintilačního detektoru jsou zesilovány, počítány a zaznamenávány pomocí zapisovače, plotteru či prostřednictvím připojeného počítače. Vyšetření se provádí dvojím způsobem:
  - (1) **Detektor je stabilní.** Radioaktivita je měřena v jediném místě v závislosti na čase. Tento způsob vyšetření proto dává informaci o časovém průběhu lokální metabolické aktivity.
  - (2) **Detektor se pohybuje** meandrovitě (“cik-cak”) nad vyšetřovanou částí těla. Toto zařízení je **pohybový scintigraf**. Synchronně s pohybem detektoru se pohybuje i pero zapisovače. Tím je postupně získána “mapa” rozložení radionuklidu v daném místě, tedy i metabolická aktivita celé oblasti.

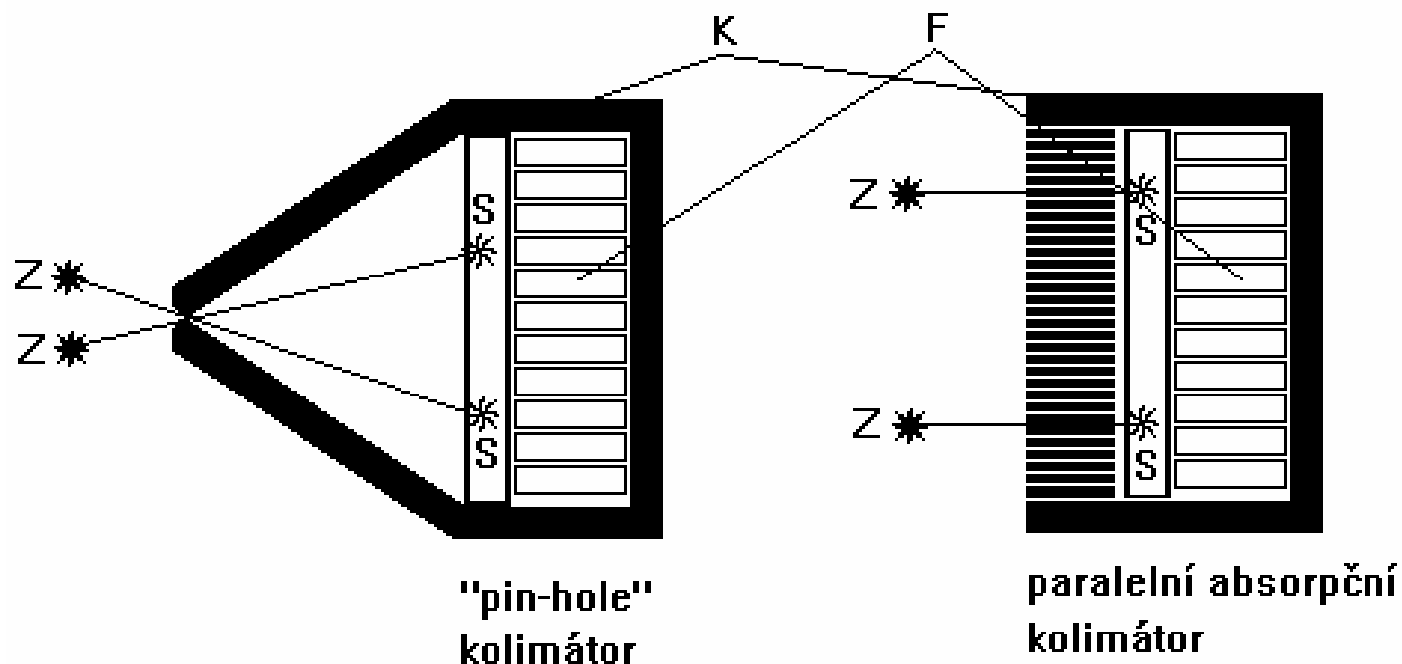
# Používané radionuklidy

- Scintigraficky se nejčastěji vyšetřovaly ledviny a štítná žláza, a to pomocí zářičů gama: jódu-131 nebo technecia-99m. Tc-99m má krátký poločas rozpadu (6 hodin oproti 8 dnům u jódu-131), proto musí být připravováno přímo na odděleních nukleární medicíny v tzv. techneciových generátorech.
- Pro vyšetřování štítné žlázy je radioaktivní jód používán v podobě KJ, pro ledviny se využívá jodem značená sůl kys. hippurové. V poslední době je u ledvin používána techneciem značená DTPA (dietylén-triamin-penta-octová kyselina). Tc-99m se získává obtížněji než radioaktivní jód, je však téměř ideálním radionuklidem rychle vylučovaným z těla, s krátkým poločasem rozpadu a téměř čistým zářením gama
- Část energie vyzařovaná jodem-131 je nesena i  $\beta$ -částicemi, čímž dochází k zbytečnému radiačnímu zatěžování organismu.

# Gama-kamera

- Gama-kamera (Anger, 1958) je v podstatě scintilačním detektorem. Ke scintilacím dochází v rozměrném krystalu jodidu sodného ve tvaru desky o průměru až 40 cm. Za touto deskou je umístěn blok většího počtu fotonásobičů - i kolem padesáti. Moderní digitální kamery jsou napojeny na počítače.
- Ze signálů fotonásobičů lze určit polohy scintilací v ploše scintilátoru - obraz distribuce radionuklidu v těle. Definovaný bod na scintilátoru musí odpovídat definovanému bodu zobrazované části těla. Toho však lze dosáhnout jen pomocí kolimátorů. Nejčastěji jsou využívány tzv. "*pin-hole*" kolimátory (záření prochází malým otvorem v olověném krytu před scintilátorem) nebo absorpční kolimátory, které jsou tvořeny lamelami olova, podobně jako Buckyho clona v konvenční radiografii.

Angerovy kamery ukazují rozložení radionuklidu v těle velmi rychle. Proto mohou být použity i pro sledování rychlých procesů, např. průtoku krve koronárními cévami. Mohou se pohybovat podél těla a tak může být získán obraz rozložení radionuklidů v celém těle. Takto lze sledovat metabolické dráhy nebo hledat metastázy, pokud ovšem zachycují radioaktivně značenou látku. I při těchto vyšetřeních je používán jód-131 a technecium-99m.



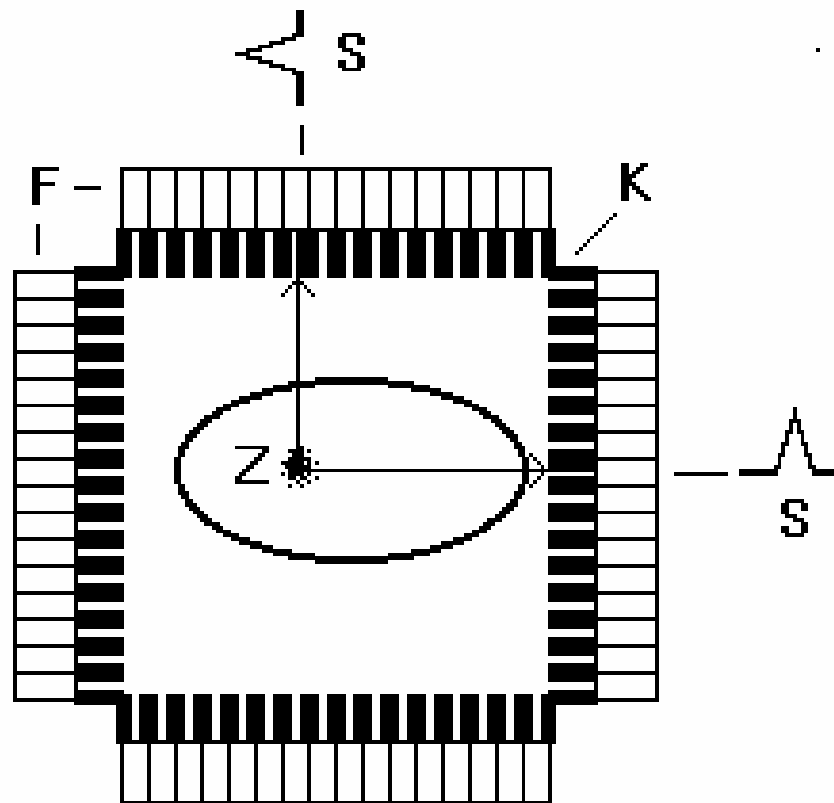
•Z - zářiče, F - fotonásobiče, S - scintilační události (záblesky), K - olověné stínění

# SPECT - jednofotonová emisní výpočetní tomografie (*single photon emission computerised tomography*)

- U SPECT je do těla zaváděn gama zářič, který má schopnost shromažďovat se v některých orgánech nebo naopak být z těla urychleně vylučován (pro vyšetření ledvin). Záření je detekováno scintilačními detektory - jednotlivými nebo složenými.
- Fotony jsou postupně detekovány z různých směrů, což umožňuje rekonstrukci příčného řezu. Pozorované struktury jsou vlastně okrsky emitující záření.
- Nejčastější uspořádání a způsoby pohybu detektorů:
  - Scintilační detektor s kolimátorem “skenuje” a krouží kolem těla, podobně jako rentgenka a detektor u první generace CT.
  - Kolem vyšetřovaného krouží Angerova scintilační kamera.
  - Větší počet detektorů je uspořádán kolem těla do kruhu či čtverce. Celý systém se může kolem pacienta otáčet či podélně posunovat .



# Princip SPECT

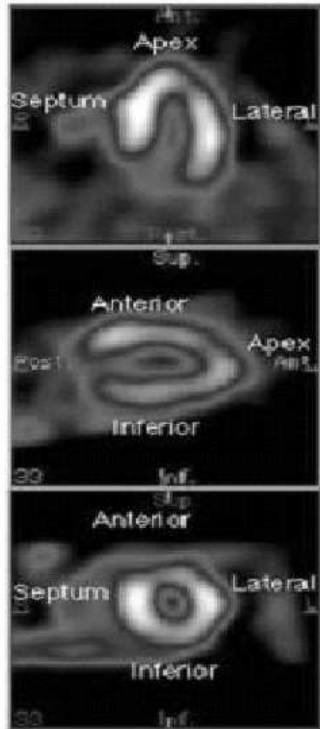


U vyšetření SPECT jsou používány běžné zdroje záření gama (jódu-131, technecium-99m).

Objekt se zdrojem záření Z je obklopen scintilačními detektory F s kolimátory K. Kolimátory umožňují detekci pouze kolmo dopadajících paprsků gama. Signál S poskytují pouze zasažené scintilační detektory, čímž je umožněna lokalizace zdroje záření.

# SPECT – obrazy

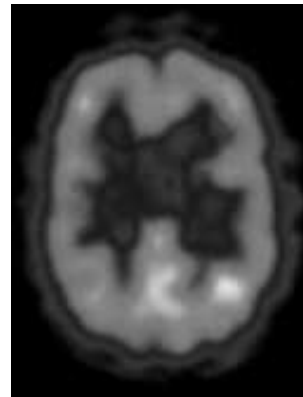
<http://www.physics.ubc.ca/~mirg/home/tutorial/applications.html#heart>



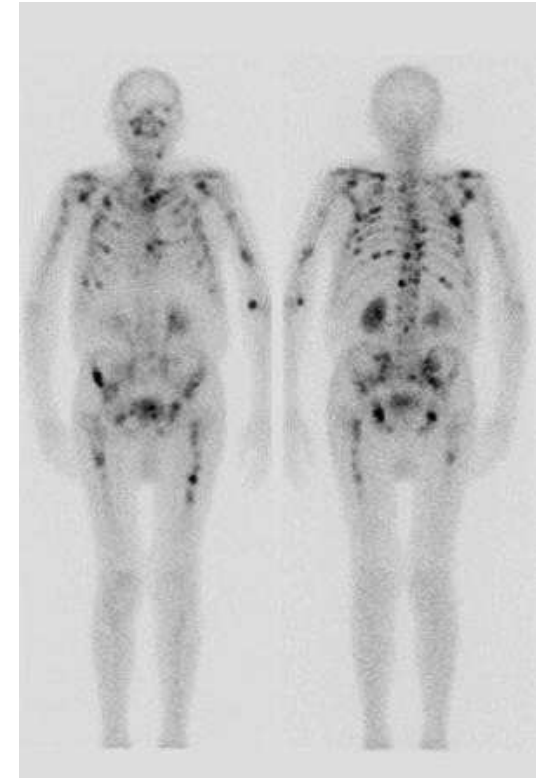
dlouhá osa  
vertikálně

dlouhá osa  
horizontálně

krátká osa



Mozek s „horkými“  
oblastmi



Celotělový scan ukazující  
metastázy kostního nádoru

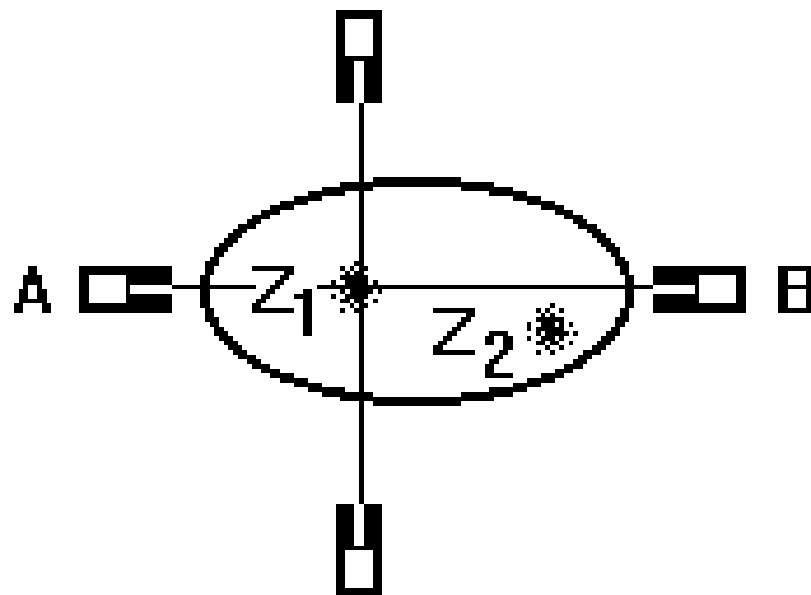
Perfuze srdce.  
„Horká“ místa jsou  
dobře perfundované  
oblasti

# PET - pozitronová emisní tomografie

## *(positron emission tomography)*

- U PET je používáno pozitronových zářičů, připravovaných v urychlovačích. Jejich poločasy rozpadu jsou velmi krátké, u uhlíku-11 např. 20 minut. Proto musí být vyšetřování prováděno v blízkosti zdroje radionuklidů, v omezeném počtu lékařských center.
- Pozitrony urazí jen velmi krátkou dráhu, protože při setkání s elektronem “anihilují” za vzniku dvou fotonů gama (0,51 MeV), které se od místa vzniku šíří přesně opačnými směry. Tyto fotony mohou být zachyceny dvěma protilehlými detektory v koincidenčním zapojení. Impuls je zaznamenán a zpracován, jen když k němu dojde současně na obou detektorech. Detektory jsou mechanicky spojeny a mohou vykonávat “skenovací” a rotační pohyb kolem těla pacienta.
- Rozlišovací schopnost PET je až o dva řády vyšší, než u SPECT. Pozitronové zářiče mohou být součástí např. derivátů glukózy, takže lze získat i informace funkční. PET mozku zviditelní ta mozková centra, která jsou v daném okamžiku aktivní, ve zvýšené míře využívají glukózu. PET umožňuje sledovat činnost CNS na úrovni mozkových center.

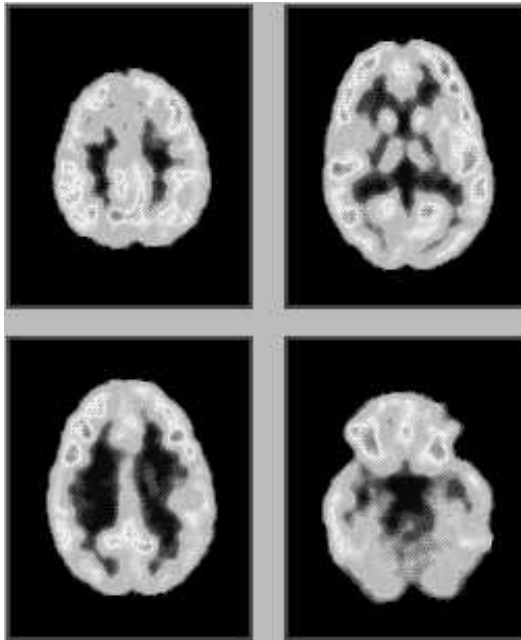
# Princip PET



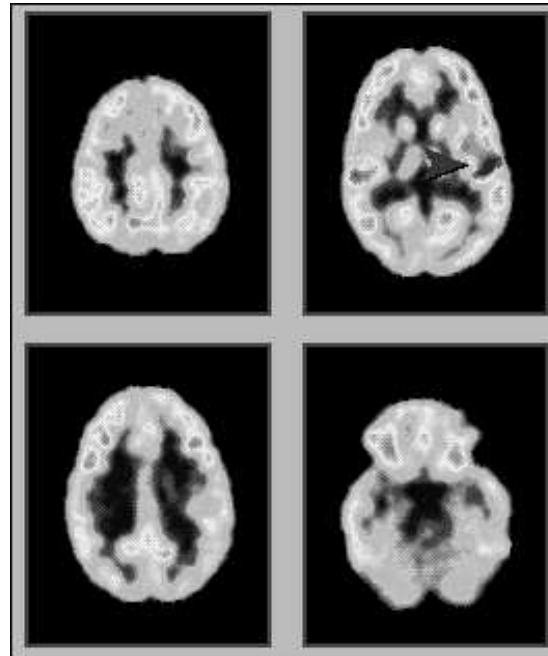
•Protistojné detektory jsou v koincidenčním zapojení. Zdroj záření Z je zaznamenán pouze tehdy, leží-li na spojnici detektorů. Ze zdroje  $Z_2$  může být i přes kolimátor zasažen detektor A, ne však detektor B, protože zdroj leží mimo jeho detekční úhel. U SPECT by byl v detektoru A signál ze zdroje  $Z_1$  částečně překryt signálem ze zdroje  $Z_2$ . Takto lze vysvětlit vyšší rozlišovací schopnost PET.

# Funkční PET mozku

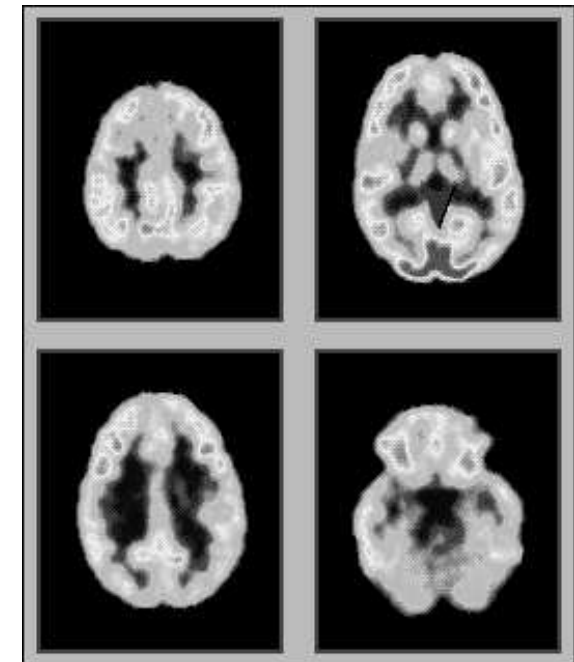
[http://www.crump.ucla.edu/software/lpp/clinpetneuro/lggifs/n\\_petbrainfunc\\_2.html](http://www.crump.ucla.edu/software/lpp/clinpetneuro/lggifs/n_petbrainfunc_2.html)



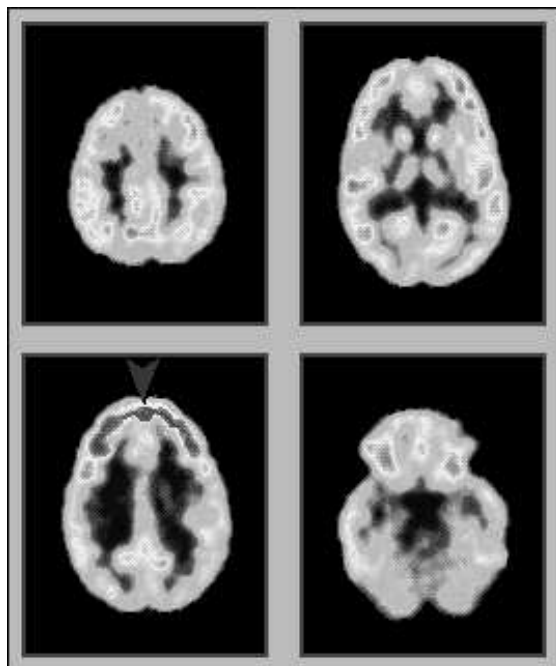
Klidový stav



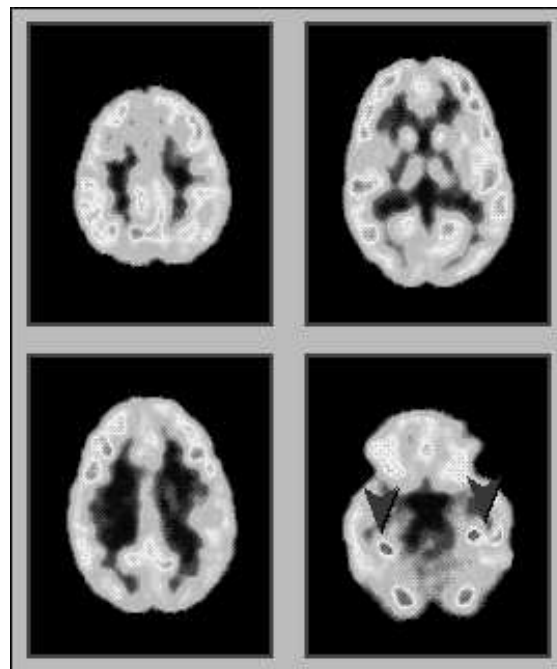
Hudba – neverbální  
zvukový podnět



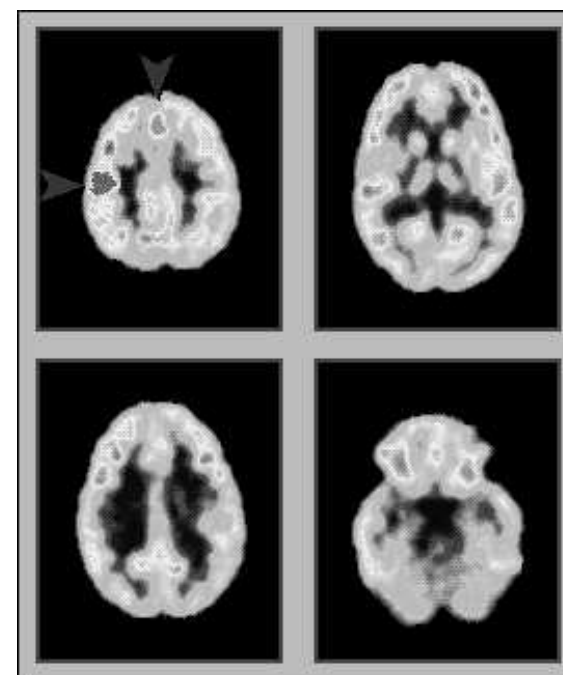
Vizuální  
stimulace



Usilovné  
přemýšlení

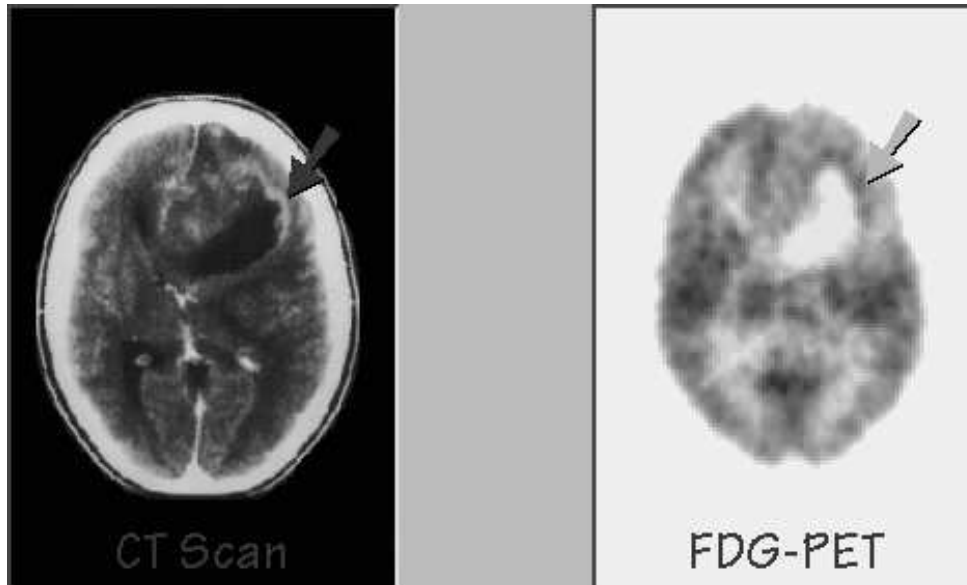


Zapamatování  
obrázku



Poskočení na  
pravé noze

# Patologie mozku - astrocytom



# Kombinování MRI a PET



• [www.eihms.surrey.ac.uk/  
.../html/p402\\_2.htm](http://www.eihms.surrey.ac.uk/.../html/p402_2.htm)



**Příjemný víkend!**

