

# ZOBRAZOVACIE TECHNIKY V MEDICÍNE ALEBO AKO DO NÁS VIDIA LEKÁRI

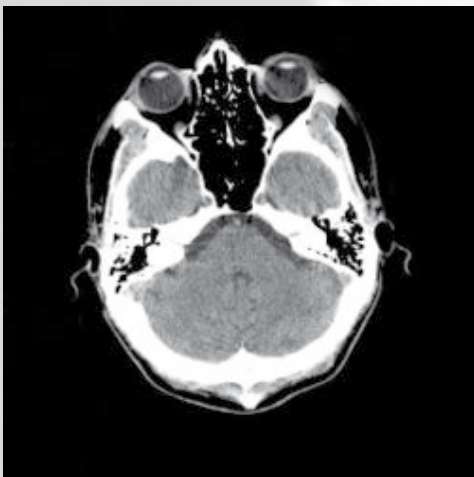
Každý z vás už asi videl čiernobiely obrázok kúska svojho tela, pľúc, rebier alebo kostičiek prstov na pravej ruke. Zamysleli ste sa pri tom, aké je úžasné, že lekári sa vedia do vášho tela pozrieť bez toho, aby vás rozobrali na kúsočky? Že voľakedy to tak vôbec nebolo?

Röntgenové lúče sa v medicíne používajú už dávno. Na to, aby sa lekár mohol pozrieť do ľudského tela, nám slúžia však i mnohé, lepšie zobrazovacie techniky. Ak lekár potrebuje vedieť, ako je na tom vaša chrbtica, pošle vás na počítačovú tomografiu alebo, čo je ešte lepšie, na magnetické rezonančné zobrazovanie. Tehotná mamička sa na svoje bábätko pozrie pomocou ultrazvukovej sonografie, infekciu si obzrú jednofotónovou emisnou počítačovou tomografiou a na fungovanie vášho mozgu alebo pečene je možné nahliadnuť pomocou pozitronovej emisnej tomografie. Každá z týchto metód funguje na úplne odlišnom princípe a je preto vhodná na pozorovanie iných orgánov či situácií. Ich spoločnou výhodou je však fakt, že sú neinvazívne – t. j. nikto do vás nemusí zarezat' skalpelom, ani pichnúť ihlou. Celkom milé, no nie? Pozrime sa na podstatu ich fungovania rad za radom.

## Počítačová tomografia (CT)

Zobrazovanie počítačovou tomografiou sa používa, keď rozličné tkanivá rozdielne absorbujú röntgenové lúče počas ich prechodu organizmom. V podstate ide o obyčajné röntgenové snímky, avšak zdroje röntgenových lúčov a detektor rotujú okolo človeka a robia tieto snímky z rozličných uhlov. Spracovaním získaných dát – intenzity žiarenia na jednotlivých snímkach – je možné rekonštruovať trojrozmerné zobrazenie pacienta.

Veľkou nevýhodou počítačovej tomografie je však fakt, že radiačná dávka potrebná na vytvorenie zobrazenia nie je maličkosť a radiačné žiarenie pre nás vôbec nie je dobré. Preto nie je vhodné pacienta zobrazovať opakovane, čo je v niektorých prípadoch veľmi dôležité – napríklad občas sa treba pozrieť na hojenie zlomeného stavca. Navyše pri CT je relatívne slabý kontrast pri zobrazení mäkkého tkaniva – svalov, vnútorných orgánov, a tak je často potrebné vstreknúť kontrastnú látku obsahujúcu jód na odlišenie orgánov alebo nádorov – dobre vidieť tie miesta, kde sa jód nachádza. Čiže predsa len je tu nejaká ta injekcia.



Počítačová tomografia: prierez hlavou

## Ultrasonografia

Táto vo svete najpoužívanejšia klinická zobrazovacia metóda je obľúbená pre svoju dostupnosť, finančnú nenáročnosť, bezpečnosť a hlavne rýchle, okamžité zobrazovanie. Princíp jej fungovania je založený na prijímaní a vyhodnocovaní zvukových signálov s vysokou frekvenciou (nad 20 kHz), ktoré vysiela transduktor umiestnený na pokožke. Signály sú odrazené späť vnútornými orgánmi, zachytené detektorom a počítačom vyhodnotené. Obraz vzniká nerovnakým šírením a odrazom zvuku v rôznych tkanivách.

Na diagnostické účely lekári väčšinou používajú ultrazvuk s frekvenciou 1 – 15 MHz. Nižšie frekvencie poskytujú horšie rozlíšenie, ale prenikajú hlbšie do tkaniva. Treba si preto frekvenciu dobre zvoliť v závislosti od toho, čo chceme uvidieť.

Ultrazvuk sa využíva na vizualizáciu mäkkých tkanív: svalov, šliach, vnútorných orgánov, ich veľkosti, štruktúry a na zobrazenie rôznych patologických vnútrotelových zmien, no i na pozorovanie embrya v tele matky.



Ultrasonografia: dieťa vyvíjajúce sa v maternici

Všimli ste si, že blížiaci sa motorka hučí úplne inak, ako motorka, ktorá sa vzdáľuje? Tento jav sa nazýva Dopplerov jav a rozdiel frekvencií nastáva i pri ultrazvuku. Použitím špeciálneho typu ultrasonografie využívajúcej Dopplerov jav vieme určiť, či sa nám teleso približuje, alebo vzdáľuje – tak napríklad vieme, ako prúdi krv.

## Magnetické rezonančné zobrazovanie – MRI (Magnetic Resonance Imaging)

Začína to byť trochu zložitejšie – pozrieme na kúsok fyziky.

Niektoré atómové jadrá majú magnetický moment – spin. Sú to tie, ktoré majú nepárny počet protónov alebo neutrónov. Správajú sa teda ako malé rotujúce magnetky. Ak umiestnime predmet obsahujúci takéto jadrá do statického magnetického poľa, magnetické momenty sa natočia paralelne s poľom tak, aby ich energia bola čo najnižšia – podobne ako strelka kompasu v magnetickom poli Zeme. Atómom, ktorý ma magnetický moment, je napríklad vodík. A kde máme vodík? No predsa všade. Nielen že je človek z veľkej časti voda, vodík sa nachádza aj v cukroch a tukoch a tých, priznajme si, máme dosť.

Za normálnych okolností, bez pôsobenia vonkajšieho magnetického poľa, je orientácia magnetizácií jednotlivých atómov úplne náhodná. Navonok tkanivo nevykazuje žiadne magnetické vlastnosti. Ak však vložíme pacienta do silného magnetického poľa, magnetické momenty sa zrovnajú rovnobežne s vonkajším magnetickým poľom.



MRI zobrazenie: V chrbtici vidieť spevnenie zlomenej chrbtice pomocou titánových skrutiek. Viete ich nájsť aj vy?

Z tohto by sme však ešte žiadnu informáciu o vnútorných orgánoch nevytĺkli, všetky atómy sa tvária navlas rovnako. Ak však vyšleme do pacienta krátky impulz elektromagnetického žiarenia s vlnovou frekvenciou niekoľko MHz, teda niečo také, ako keby počúval rádio, pôvodne usporiadané magnetizácie atómov sa rozhádzajú a vznikne chaos. Po skončení impulzu sa začnú pomaly usporadúvať naspäť. Práve v tejto fáze dostávame šancu, pretože jadrá vodíka v tukoch sa poupratujú mnohokrát rýchlejšie ako jadrá vodíka vo vode. Toto „upratovanie“ je sprevádzané zmenami v magnetickom poli, ktoré vieme detegovať, a jeho čas je pre každé tkanivo typický. Použitím rozličných „fint“, ako je napríklad nehomogénne magnetické pole, vieme presne určiť, aké tkanivo sa kde nachádza.



Magnetický rezonančný tomograf

MRI zobrazuje dobre najmä zmeny a abnormality v mäkkom tkanive, no dobre sa ňou zobrazuje i kostné tkanivo. Na zvýraznenie sa môžu použiť paramagnetické látky, ktoré výrazne ovplyvňujú čas spätného usporadúvania magnetických momentov. Jej veľkou výhodou sú dobré rozlišovacie vlastnosti (vidieť i drobné útvary) a jej neškodnosť. Podobne ako pri ultrasonogra-

fii je možné zobrazovať pacienta mnohokrát, na rozdiel od CT, kde každá snímka škodí zdraviu. Síce trochu, ale predsa.

MRI skener je sympatický, neškodne vyzerajúci biely tunel, taký pekný ako vo filmoch. Dávajte si však pozor – magnetické pole je také silné, že vám vytiahne mince z vrecka, a nechcete vedieť, čo sa stane vášmu mobilu...

## Pozitronová emisná tomografia (PET)

PET je zobrazovacia technológia vyvinutá na zobrazovanie a meranie biochemických procesov u živočíchov. Nepozerala sa teda na to, ako orgány vyzerajú, ale na to, ako pracujú.

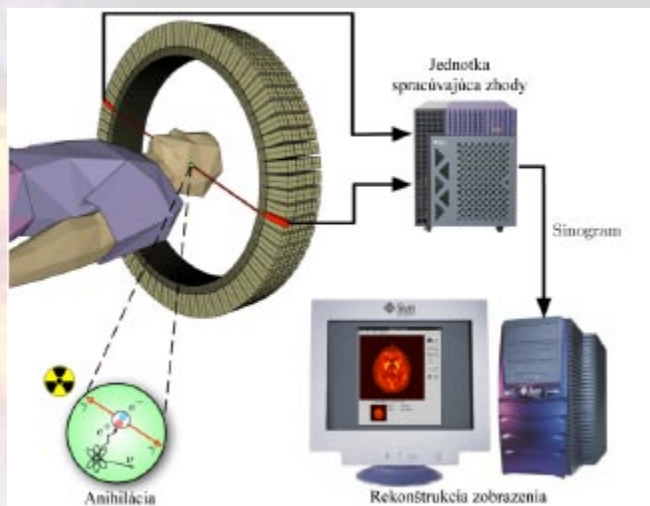
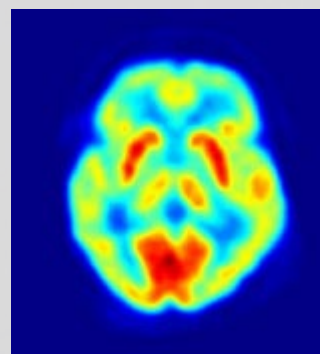


Schéma zobrazovania PET:

Krátko po vyžiarení je pozitron anihilovaný elektrónom a vyžiaria sa dva fotóny. Tie sú zachytené detektormi a informácia je spracovaná počítačom. Nakoniec vznikne krásny farebný obrázok mozgu.

Niektoré rádioaktívne látky sú také nespokojné potvory, že premenia svoj protón na neutrón, pričom im uletí jeden pozitron  $e^+$  a neutríno  $\nu$ . Tento proces sa označuje ako  $\beta^+$  premena. Pozitron je niečo ako kladný elektrón, je to jeho antičastica. To znamená, že ak sa stretne pozitron s elektrónom, je z toho veľké „rošambo“ a vzniknú dva  $\gamma$ -fotóny letiace opačnými smermi. A toto sa stane skoro hneď. Ak by stretol Jožko Antijožka, tiež by z nich nezostalo nič, len svetlo.

Pacient je pri PET zasunutý do tunela, ktorý je plný detektorov a je doň vpravená látka obsahujúca rádioaktívny prvok, napríklad glukóza s rádioaktívnym fluórom (ach jaj, zasa injekcia, ale dá sa to aj vdýchnutím) Ak dva detektory krátko po sebe zaznamenajú dopad fotónu, vieme, že rádioaktívny prvok leží niekde blízko ich spojnice.



PET – zobrazenie glukózového metabolizmu. Červenou farbou sú vysvietené tie oblasti mozgu, ktoré človek v danej chvíli najviac používa.

Dáta zozbierané PET skenerom predstavujú zoznam takýchto spojnic a z nich vieme celkom presne určiť, kde sa rádioaktívny prvok nachádza. Zoskupením spojnic vytvoríme projekčné obrázky, nazývané sinogramy, a tie sú následne spojené do 3D zobrazenia. Tieto obrázky sú podobné ako pri CT skeneri a zrekonštruované podobným spôsobom.

Na tejto metóde je naozaj skvelé, že dokážeme pomocou nej nahliadnuť do najskrytejších oblastí fungovania ľudského tela, na fyziologické deje. Vidíme, kam nám naša rádioaktívna molekula glukózy putuje, vidíme, kedy sa mení. Takto si môžeme označiť ľubovoľnú molekulu a sledovať, čo sa s ňou deje.

PET sa používa napríklad na diagnostikovanie Alzheimerovej choroby alebo vizualizáciu mozgových procesov pomocou sledovania spotreby glukózy v mozgu, ale aj pri kardiovaskulárnych ochoreniach či pri diagnostikovaní rakoviny. Pomocou PET je možné odlíšiť benígne nádory od malígnych, nájsť nádor i metastázy.

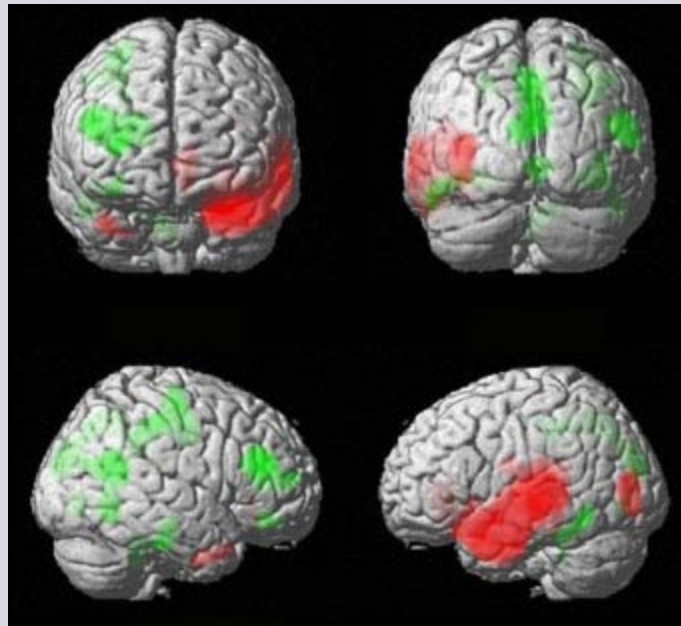
## Jednofotónová emisná počítačová tomografia (SPECT)

SPECT (Single Photon Emission Computer Tomography) je medicínska zobrazovacia metóda, podobná pozitronovej emisnej tomografii. Aj získané obrázky sú veľmi podobné. Namiesto pozitrónu však využíva fakt, že pri rozpade jadier niektorých nuklidov dochádza priamo k vyžiareniu  $\gamma$ -žiarenia. Kamery rotujúce okolo pacienta lovia  $\gamma$ -fotóny a zo získaných údajov pomocou počítača vytvoria trojrozmerné zobrazenie rozmiestnenia rádionuklidovej látky, ktorá sa podobne ako pri PET musí pacientovi podať injekciou alebo vdýchnutím. Tieto látky sú však relatívne ťažké izotopy, čo vôbec nie je pre človeka zdravé.

SPECT sa využíva na získanie trojrozmerných informácií pri zobrazovaní tumorov, infekcií (leukocytov) alebo kostného tkaniva. Sledovaním distribúcie značenej chemickej látky v mozgu je tiež možné odhaliť napríklad demenciu alebo Alzheimerovu chorobu.

No, nie je to úžasné, čo všetko sa dá vidieť bez toho, aby nás rezali?

*Barbora Trubenová*



*SPECT: Trojrozmerná projekcia mozgu*