

## SKIASKOPIA(FLUOROSKOPIA)

Pracuje na rovnakom princípe ako rentgenológia (viď Obecná rentgenológia). Základným rozdielom je však **dynamické zobrazenie** vďaka kontinuálnemu snímaniu, alebo snímaniu niekoľkých snímok v istom časovom úseku (napr 8 snímok/1 minúta). Vďaka tomu je skiaskopia aj funkčným vyšetrením, využíva sa pre angiografiu, pre kontrolu zavádzania implantátov a ako intervenčná rádiológia (uľahčuje chirurgické zákroky vďaka dohľadu zobrazovacej techniky).

Vo veterinárnej medicíne používame fluoroskopiu k zobrazeniu funkcie vybraných anatomických štruktúr ako napr. esophagus alebo trachea. Môžeme posudzovať fluktuácie trachey pri inspiriu a expíriu, identifikovať tracheálny kolaps. Esophagram nám umožní posúdiť efektivitu prehltania, často spolu s aplikovanou kontrastnou látkou. Je preto vhodnou metódou k detekcii striktúr, gastroesofageálneho refluxu, megaesophagu.



Zdroj 49  
Zdroj 1

## SCINTIGRAFIA

Základný princíp scintigrafie spočíva v **detekcii gama lúčov, ktoré sú emitované z rozpadu rádionuklidov, pomocou gama kamery.**

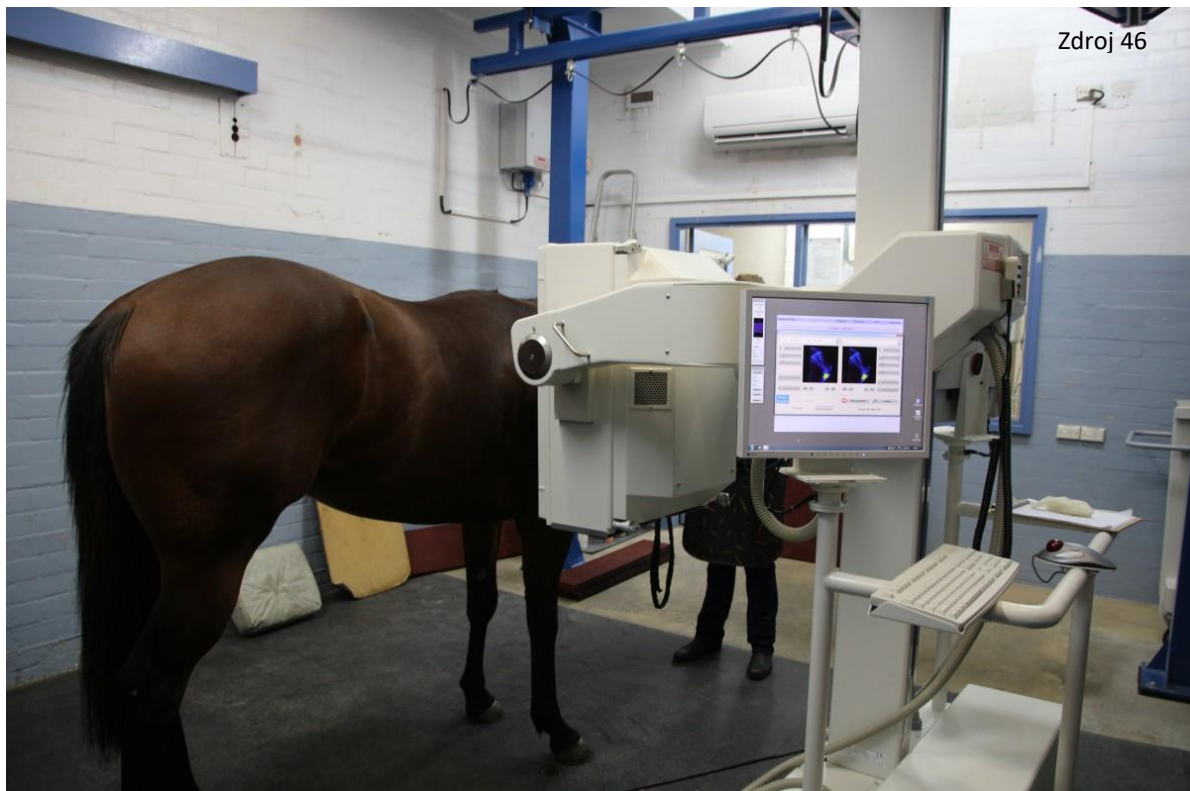
Rádionuklid je pripojený k špecifickému farmaku a aplikovaný do tela zvierťa **i.v.**, per os, per rektum, inhalačne.

Výsledkom je grafická reprezentácia fyziologickej funkcie, tvaru, veľkosti a pozície cieľového orgánu. Klinická informácia získaná z výsledných skenov závisí na biochémii farmaku, jeho interakcie s cieľovými orgánmi a transporte v iných tkanivách a orgánoch. Detekujeme abnormálne metabolicky aktívne/neaktívne tkanivá.

V porovnaní s ostatnými zobrazovacími modalitami má scintigrafia slabé priestorové rozlíšenie. Základná informácia, ktorú získame zo skenu, je založená na fyziologickom procese daného orgánu (napr. pri skenoch kostí zisťujeme krvné zásobenie kosti). Nemôžeme vyhodnotiť anatómiu daného orgánu.

Scintigrafia by mala byť len súčasťou stanovenia konečnej diagnózy spolu s kompletným klinickým vyšetrením a ostatnými zobrazovacími metódami.

Je stále využívanou metódou napríklad v hipiatrickej medicíne a to predovšetkým pri patológiách kostí, zvlášť pri detekcii stresových fraktúr, ktoré nemusia byť rádiologicky detekovateľné. Zároveň je jej výhodou aj skenovanie oblastí rádiologicky obtiažne zobraziteľných, ako napr. panva. Taktiež sa používa k monitorovaniu progresu a liečby <sup>1</sup>patológie.



Zdroj 46

Rádionuklid (rádioizotop) je rádioaktívny komponent rádiofarmaka. Rozdeľujú sa na diagnostické a terapeutické. Najbežnejšie rádionuklidy používané v scintigrafii emitujú žiarenie ( $\alpha, \beta, \gamma$ ) ako súčasť ich procesu rozpadu a musia mať niektoré dôležité vlastnosti.

- Rádionuklid musí byť ľahko pripojiteľný k farmaku.
- Majú krátky polčas rozpadu, aby sa redukovala dávka radiácie a uskutočnilo sa rýchle a bezpečné odstránenie.
- Gama žiarenie by malo interagovať minimálne s tkanivami.
- Radiačné žiarenie by malo byť nízko energické aby došlo k čo najmenšiemu rozptylu.

Najčastejšie používaným rádionuklidom je  $^{99}\text{Tc}$ (**technecium**). Polčas rozpadu je 6,02 hodín a emituje žiarenie s energiou 140 KeV. Ďalším používaným je  $\text{I}^{131}$  (**jód**), ktorého polčas rozpadu je 8,04 dňa.

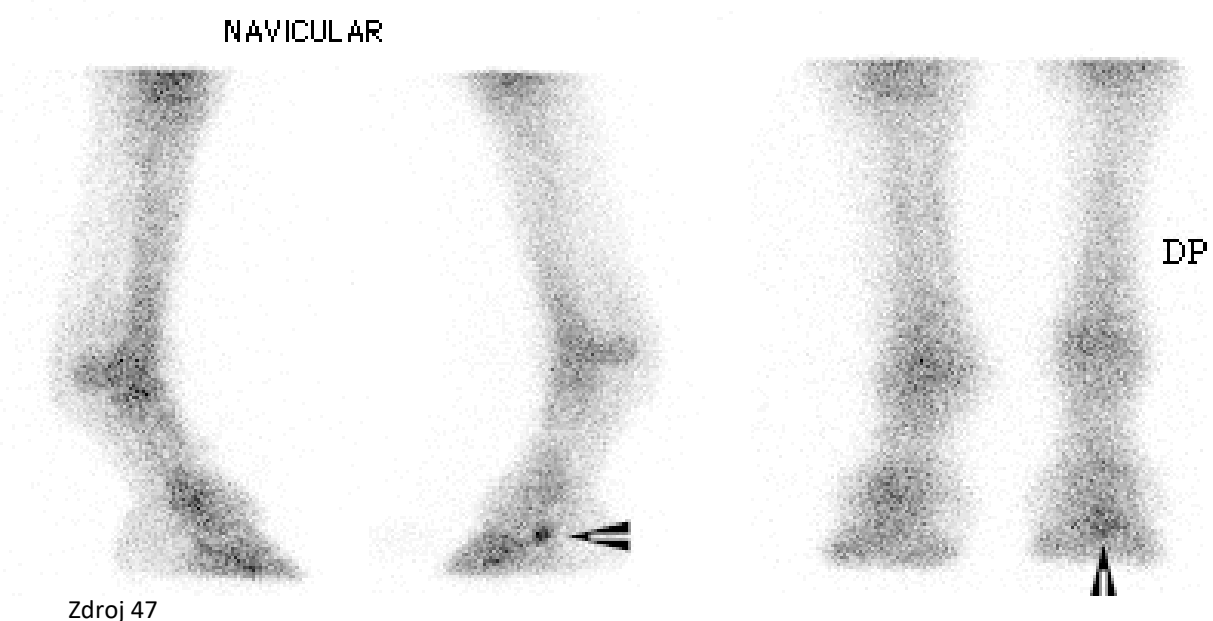
### Detekcia radiácie (gama camera a kolimátory)

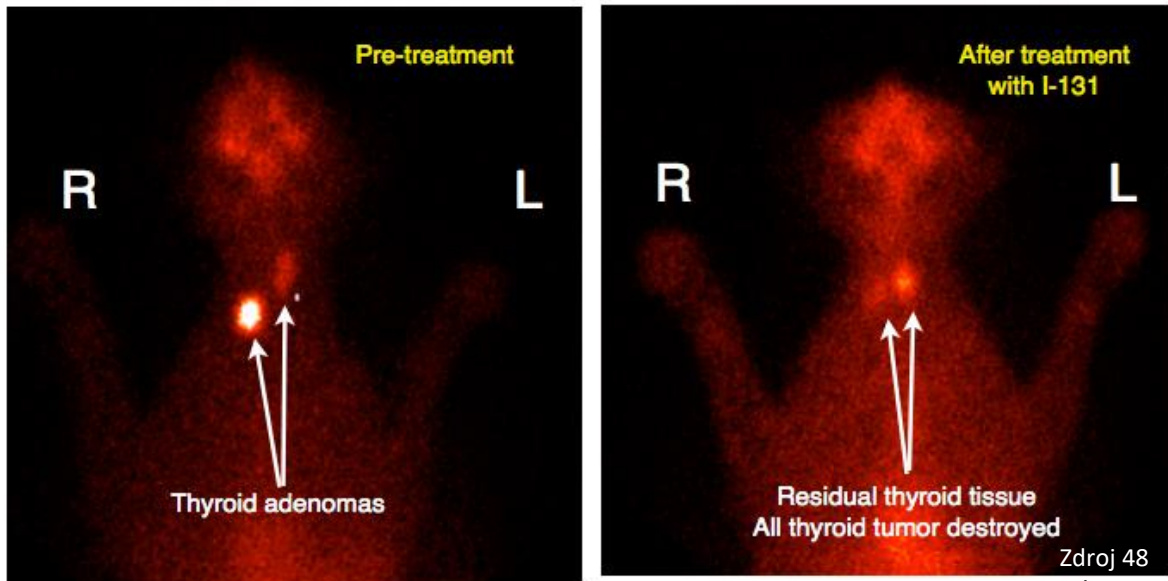
Prvou funkciou gama kamery je filtrovanie  $\gamma$  fotónov, ktoré sú emitované všetkými smermi z pacienta na tie, ktoré budú usmernené v línii detektora gama kamery. Toto zabezpečuje kolimátor. Kolimátor sa správa v podstate rovnako, ako primárna clona v rádiografii. Musí byť zhotovený z materiálu s vysokým protónovým číslom, ktorý absorbuje fotóny ktoré neputujú perpendikulárne ku kamere. Gama kamera detekuje lúče táliom aktivovaným sodnoiodidovým (NaI) kryštálom. Čím hrubší je kryštál, tým viac fotónov môže absorbovať, zároveň sa však s hrúbkou znižuje priestorové rozlíšenie, pretože dochádza k väčšiemu rozptylu.

U malých zvierat sa scintigrafia využíva **k detekcii okultného krívania, detekcii metastáz, detekcii portosystémového skratu, na znázornenie motility gastrointestinálneho traktu, prípadne k detekcii emfyzematických ložisiek v pľúcach.**

Terapeutické rádionuklidy využívame aj pri rádioterapii,  $\beta\alpha$  terapii.

**U mačiek sa rádioaktívny jód  $\text{I}^{131}$  používa k terapii hyperthyreózy**- rádionuklid deštruuje štítnu žľazu. Vďaka scintigrafii môžeme taktiež identifikovať ektopické ložiská štítnej žľazy. Je dokázané, že scintigrafiou môžeme abnormálnu činnosť štítnej žľazy detekovať skôr, ako je preukázaná laboratórnymi výsledkami.





## Počítačová tomografia – CT a magnetická rezonancia - MRI

Obe metódy sa stali esenciálnymi pri diagnostike istých konkrétnych patológií vo veterinárnej medicíne. Pre správne používanie oboch modalít je potrebné porozumieť nielen ich princípom, ale aj ich limitujúcim faktorom. Vďaka každoročnému zvyšovaniu počtov vyšetrení a štúdií pomocou CT a MRI sú obe tieto technológie čoraz presnejšie. Oproti tradičnému RTG vyšetreniu majú obrovskú výhodu v zvyšovaní kontrastu, diferencovaní a zviditeľňovaní štruktúr, ktoré pomocou USG alebo RTG nie sme schopní vidieť. Dokážu vytvoriť „tenké rezy pacientom“. Pomocou počítačových modelov sme spätne schopní vytvoriť aj trojdimenzionálne štúdie, čo sa nám na RTG snímke nepodarí, ani pri snímaní ortogonálnych projekcií. Kontrastné vyšetrenia pomocou CT alebo MRI sú omnoho detailnejšie a dokážu odhaliť aj drobné detaily v štruktúre či krvení orgánov. V porovnaní s RTG sme schopní pomocou CT alebo MRI definovať omnoho menšie patológie a zmeny v tkanivách. Už len to, že na CT a MRI sme schopní odlíšiť tekutinu od mäkkého tkaniva je oproti RTG veľká výhoda (pomocou nastavení systému a rôznych protokolov sme schopní odlíšiť od seba dokonca rôzne typy tekutín).

Každé zobrazenie pomocou CT alebo MRI reprezentuje tenkú sekciu alebo rez tela, ktoré je tvorené matrixom vyplneným malými kubickými sekciami, ktoré poznáme pod názvom VOXELS<sup>[13]</sup> alebo objemové elementy. Na monitore je telo tvorené matrixom znázornené pomocou pixelov (t. j. obrazových elementov). Voxely sú pomocou počítača následne premietané na pixely (ale jeden voxel nemusí predstavovať jeden pixel).

### **Počítačová tomografia – CT**<sup>[13]</sup>

#### **Indikácie- vyšetrenie nosu, CNS, hrudníku, abdomenu, skeletu**

V roku 1979 bola G.N. Hounsfield a A.M. Cormack udelená Nobelová cena (Medicína) za objavenie CT. CT bolo až do nedávna považované za najväčšiu invenciu v medicíne od doby objavenia RTG. V dnešnej dobe je CT pomerne rýchlym vyšetrením, ktoré umožňuje lekárom detailne vyšetriť pacienta, redukovať množstvo artefaktov a zabezpečiť počas vyšetrenia maximálnu redukciu stresu pacienta.

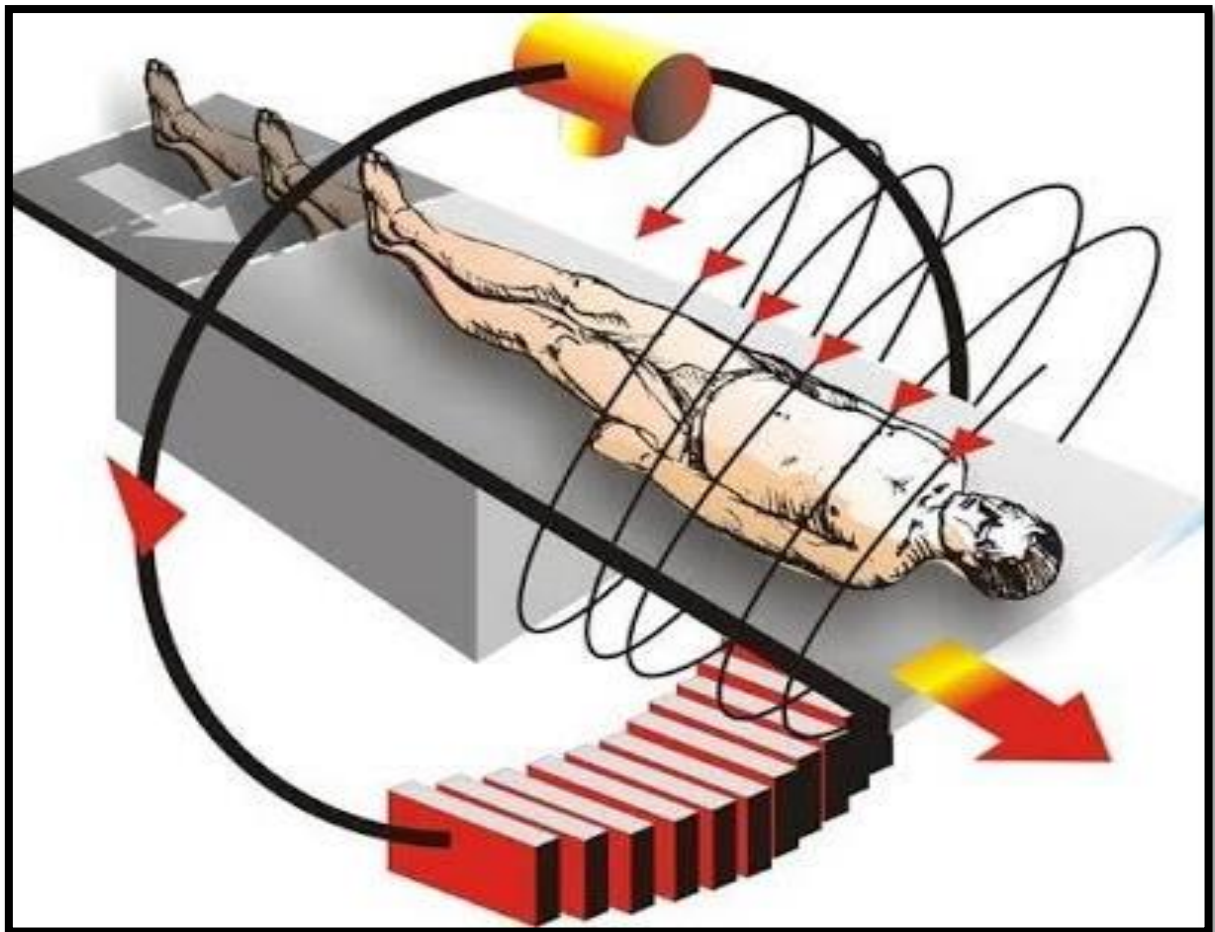
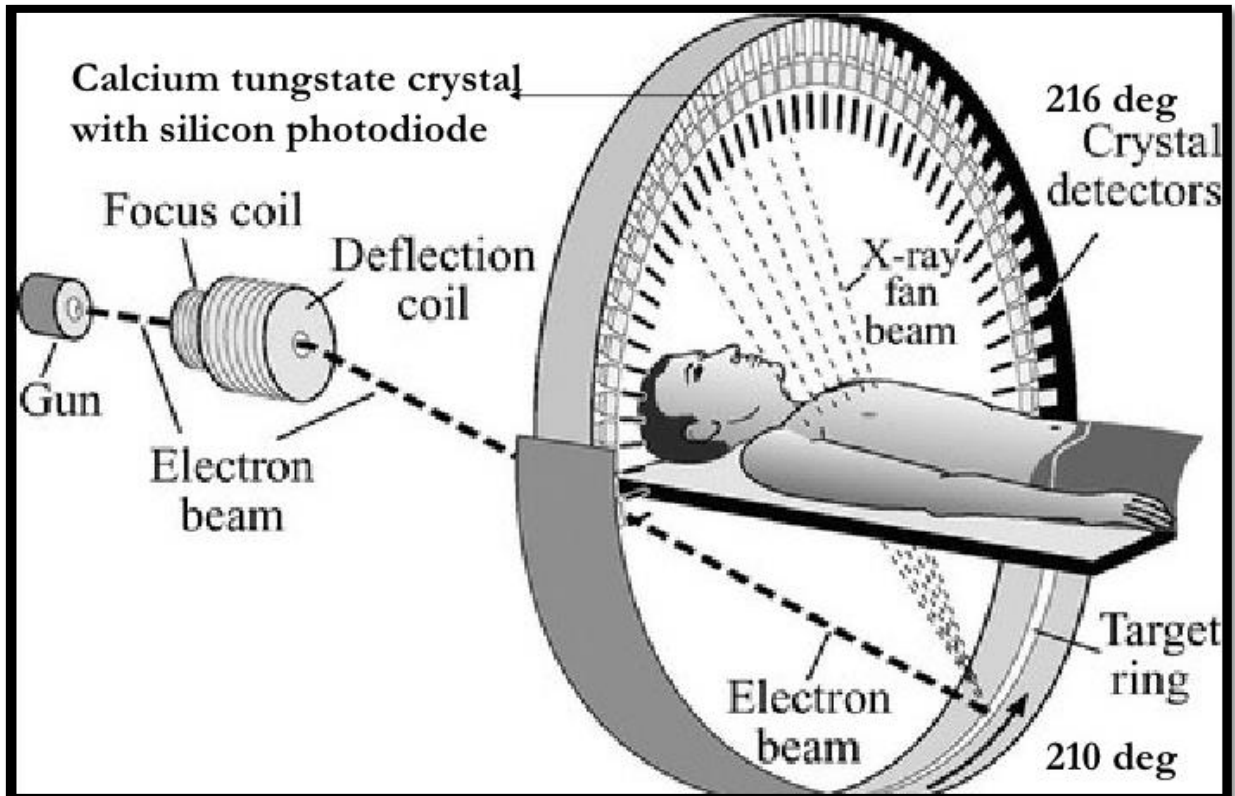
**Mechanizmus CT**<sup>[13]</sup> je založený na myšlienke, že detailný obraz jedného objektu môžeme vyprodukovať použitím vysokého počtu projekcií daného objektu. Pomocou dostatočného

množstva rôznych projekcií sme následne schopní vytvoriť 3D model. Čím je snímaný objekt nepravidelnejšieho tvaru a štruktúry, tým treba vyšší počet projekcií na jeho presné zosnímanie. Takže pokiaľ by sme mali k dispozícii povedzme tisíce projekcií z presných uhlov a pokiaľ by bola prechodnosť rentgenových lúčov priradená k jednotlivým tkanivám (napr. opacity mäkkých tkanív budú spojené do jednej štruktúry, opacity kostí do inej štruktúry), mohli by sme pomocou výkonného počítača geometricky zrekonštruovať dané dáta a priradiť jednotlivé opacity k jednotlivým orgánom. Tieto požiadavky sú dosiahnuté pomocou tenko kolimovaného rentgenového lúča, ktorý rotuje okolo pacienta.

Hlavnou súčasťou CT systému je skenovacia jednotka- GANTRY<sup>[13]</sup>, ktorá sa skladá z rotujúcej RTG vyžarujúcej trubice a z detektora RTG žiarenia. Stredom systému prechádza stôl pre pacienta. Súčasťou systému je aj konzola so sofistikovaným počítačom. Systém musí byť schopný pracovať dlhú dobu bez prehriatia RTG trubice a produkovať a spracovávať veľké množstvo dát. V dnešnej dobe sú vytvárané tzv. helikoidálne<sup>[13]</sup> (t. j. špirálové) telové skeny, čo znamená, že pacient je skenovaný v jednom súvislom deji a RTG trubica sa nemusí po každom skene vracieť do východzej polohy, ako tomu bolo v minulosti. Helikoidálny systém znižuje rozhybanosť skenov pri dýchaní a črevnej peristaltike a umožňuje detekciu veľmi malých patológií. Dôležitou súčasťou helikoidného systému je pohyblivý stôl, ktorý zasúva pacienta, zatiaľ čo trubica rotuje. Vďaka zrýchleniu celého procesu vyšetrenia môže vyšetrovací lekár pracovať s bolusom kontrastu v krátkych časoch a zachytiť pri správnom načasovaní aj arteriálnu fázu kontrastu, ktorá je veľmi rýchla a bez helikoidného systému by nebolo možné ju zachytiť.

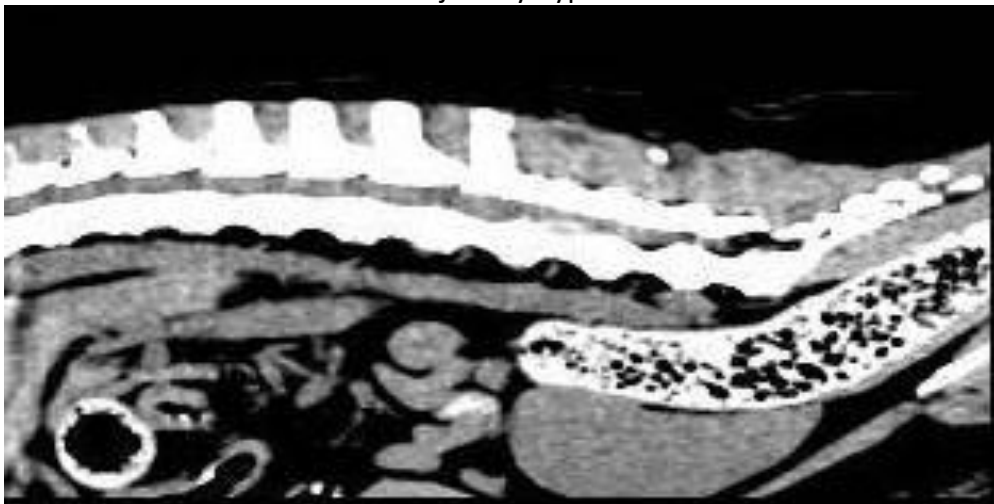
Detektor RTG žiarenia je tiež veľmi dôležitá súčasť celého CT systému. Prevádza dopadajúce RTG lúče na elektronické signály. V dnešnej technológii sú najčastejšie používané keramické detektory. Každý detektor pozostáva zo scintilujúceho kryštálu, ktorý reaguje s dopadajúcim RTG žiarením. Zosilnením tohoto žiarenia vzniká svetlo, ktoré je konvertované na digitálne impulzy. Momentálne je štandardom CT prístroj s vyšším počtom detektorov. Existuje viacero typov CT prístrojov vzhľadom na detektory. CT s array typom detektora má možnosť otáčať detektorom zároveň s RTG trubicou na druhej strane, annulárny typ detektora je statický. Array detektor je v dnešnej dobe najviac používaný spoločne s helikoidným systémom trubice – ako je už vyššie spomenuté, umožňuje angiografické štúdie, nepotrebuje tak silné chladenie, je oveľa výkonnejší a dokáže spracovať viacero skenov tela naraz.

**Kontrastné štúdie**<sup>[13]</sup> sú bežným štandardom pri CT vyšetrení pacienta (nemusia nastať pri istých vyšetreniach chrbtice a pod.). Pre kontrast sa najčastejšie používajú jódomé neionické látky. Pomocou bolusu i.v. kontrastnej látky môžeme sledovať distribúciu kontrastnej substancie cez telo pacienta, čo nám podá informáciu o krvení tkanív, ale aj o integrite niektorých prirodzených teľných bariér. Angiografické vyšetrenie má viacero fáz – arteriálne a venózne plnenie, pre vyšetrenie ktoréhokoľvek z nich treba presné načasovanie a odpovedajúca rýchlosť prístroja. Podmienkou pre angiografické vyšetrenie je helikoidálny typ CT s array detektorom. Pre vyšetrenie extravaskulárnych štruktúr musíme počkať pár minút po pridaní bolusu i.v.





- Kortikálna kosť sa zobrazuje vždy hyperdenzne-bielo.



### **Magnetická rezonancia – MRI**<sup>[13]</sup>

Magnetická rezonancia sa stala dôležitým nástrojom v zobrazovacej diagnostike vo veterinárnej medicíne, a to hlavne vďaka jeho vysokokontrastným schopnostiam, ktoré umožňujú lepšie zobrazenie mäkkých tkanív. Na MRI sa zobrazujú mäkké tkanivá oveľa lepšie ako napr. na CT. Vysoký kontrast mäkkých tkanív dosahuje MRI vďaka magnetickým vlastnostiam vodíkových jadier - protónov. Vodíkové jadrá (ďalej protóny, t. j. ionizované atómy vodíka  $H^+$ ) sa bohato vyskytujú vo všetkých tkanivách tela. Zmena energie protónov sa dá lokalizovať v priestore pomocou individuálnych voxelov. Výsledkom je sformovanie obrazu. Čiže sa zjednodušene povedané jedná o mapovanie distribúcie  $H^+$  vo vode ( $H_2O$ ) a lipidoch ( $CH_2/CH_3$ ) obsiahnutých v tkanivách (najsilnejší signál vydávajú tkanivá s najvyšším zastúpením  $H^+$ ). MRI sa v dnešnej veterinárnej medicíne najčastejšie používa pri diagnostike problémov v CNS, je diagnostickou voľbou aj pri patológiách v iných častiach tela – napr. v hipiatickej medicíne sú to distálne časti končatín.

Magnetická rezonancia zostáva najsofistikovanejším prístrojom v zobrazovacej diagnostike. Vo svojej stavbe kombinuje elektroniku, rádiovfrekvenčné generátory, cievky a zariadenia spojené s počítačom. Všetky tieto súčasti sú nevyhnutné pre správnu excitáciu tkanív, recepciu a lokalizáciu signálu, ktorý následne vychádza z tkanív.

Prístroj vytvára externé magnetické pole, do ktorého je umiestnený pacient. Presnosť vyšetrenia je ovplyvnená silou magnetického poľa, jeho stabilitou a uniformitou (t. j. rovnomernosťou v každom smere).

Podľa Faradayovho zákona, pokiaľ elektrický prúd prechádza okolo slučky (t. j. uzavretý elektrický vodič), vzniká magnetické pole, ktoré je priamo úmerné elektrickému prúdu. Toto je alimentárny základ fungovania MRI. Na vytvorenie dostatočne silného elektrického prúdu treba silné magnetické pole. Pri vytvorení tak silného magnetického poľa (permanentné magnety: 0,2 – 0,4 T, supravodivé magnety: 1 – 3 T, niektoré výskumné centrá až 7 T) sú supravodivé cievky neustále chladené tekutým héliom (chladiaci agent), pretože by sa v opačnom prípade zahrievali, čo by spôsobovalo energetické straty.

Každý protón (t. j. ionizovaný atóm vodíka  $H^+$ ) je charakterizovaný (okrem iného) aj svojím spinom. Tieto spiny<sup>[13]</sup> pôsobia ako miniatúrne magnety, s vlastnými magnetickými vektormi (vektor magnetického momentu, t. j. vektor spinu). Tieto spiny sú v tkanivách náhodne orientované, a v prirodzených podmienkach sa vzájomne rušia (t. j. celkový spin sústavy je nulový), nakoľko molekulárne pohyby a kolízie vyúsťujú do spin-spinových interakcií, ktoré neustále kolísajú a ovplyvňujú správanie spinov. Počas MRI vyšetrenia sú ovplyvňované vonkajším magnetickým poľom práve spiny ionizovaných atómov.

Keď umiestnime  $H^+$  do silného magnetického poľa, spiny sa zorientujú rovnobežne so smerom tohoto poľa. Spiny, ktoré sa nasmerujú rovnakým smerom ako magnetické pole, nazývame paralelné, spiny smerujúce opačným smerom sú antiparalelné. Sily, ktorými na tieto spiny pôsobí vonkajšie magnetické pole, majú rovnakú veľkosť ale opačný smer. Ak je počet paralelných a antiparalelných protónov rovnaký, dochádza k úplnému vzájomnému vynulovaniu síl. Avšak v reálnej situácii je ich počet iba približne rovnaký, takže dochádza iba k približnému vynulovaniu vzájomných síl – vzniká nenulová výsledná magnetická sila protónov v látke, tzv. NET magnetizácia<sup>[13]</sup>, ktorá smeruje rovnobežne so smerom magnetického poľa a smeruje paralelne / antiparalelne v závislosti na tom, ktorých protónov je v tkanive prebytok. Veľkosť NET magnetizácie závisí od množstva  $H^+$  obsiahnutých v danom tkanive.



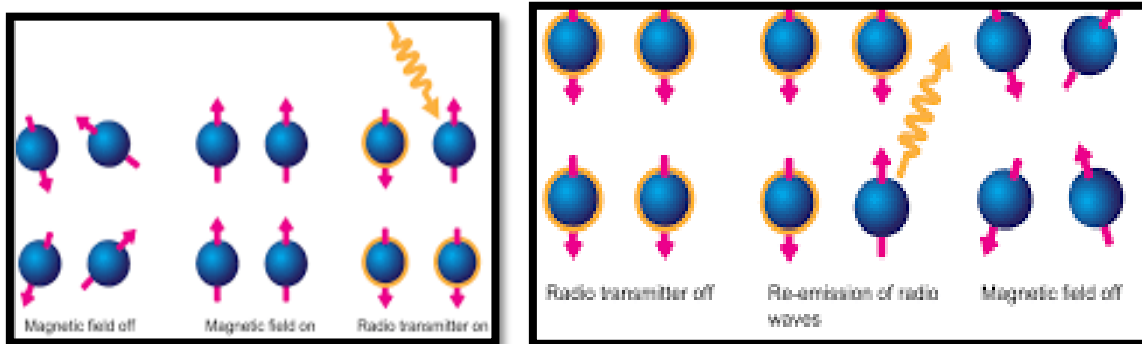


Následne dokážeme pomocou rádiofrekvenčných generátorov jednotlivé ionizované atómy  $H^+$  excitovať, t. j. atómu dodáme energiu zodpovedajúcu danej frekvencii žiarenia, ktorá je nastavená presne tak, aby sa atóm excitoval. Pri excitácii teda pohlcuje  $H^+$  energiu, ktorá sa v rámci atómu rozdelí medzi jeho jednotlivé zložky, a teda aj spin protónu získa energiu. To následne vyvolá narušenie rovnovážneho smerovania spinu, ktorý je bez pridanej energie stabilný v paralelnom resp. antiparalelnom smere. Ak teda dodáme energiu, spiny sa začnú vychýľovať z rovnovážnych smerov (dokonca ak dodáme dostatok energie, môžu spiny preskakovať z paralelného na antiparalelný stav a opačne), následkom čoho je mikroskopické vychýlenie NET magnetizácie z jej pôvodnej rovnobežnej línie na rôznobežnú. Akonáhle ukončíme generovanie vlnenia, t. j. dodávanie energie, NET magnetizácia sa vráti do svojho pôvodného smeru. Celý proces ovplyvňovania energie  $H^+$  sa nazýva REZONANCIA<sup>[13]</sup>. Akonáhle ukončíme rezonanciu, v tkanivách nastanú ďalšie procesy, ktoré sa nazývajú relaxácia, čo je práve návrat spinu do pôvodnej stabilnej polohy. Protóny relaxujú v dvoch líniách – longitudinálne (T1, paralelne s pôvodným magnetickým polom) a vertikálnej (T2, kolmo – transverzálne- na smer magnetického poľa). Práve transverzálne vychýlenie po rezonancii je kľúčové pre následné meranie. Zrelaxované protóny vylučujú do svojho prostredia nadmernú prijatú energiu a vracajú sa do nízkoenergetického stavu. Rýchlosti, akými dané tkanivo relaxuje longitudinálne a transverzálne (t. j. T1 a T2), sú pre každé tkanivo špecifické. Na základe rozdielnych hodnôt T1 a T2 v tkanivách môžeme vytvoriť tzv. sekvencie, ktoré vyvolajú rezonanciu v konkrétnom tkanive, a teda vieme tkanivo rozlíšiť od iného tkaniva.

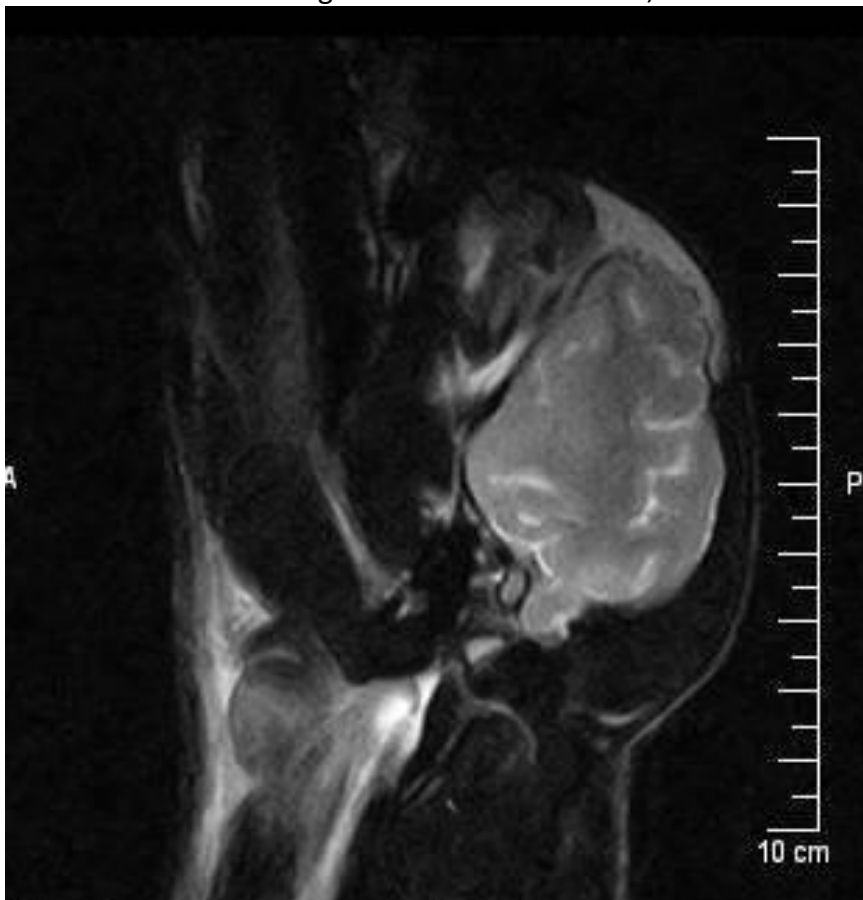
MRI snímky vznikajú zachytením signálu z excitovaných tkanív. Signál je v podobe ECHA, ktoré zachytávajú cievky. Cievky sú umiestnené v priestore v čo najtesnejšej blízkosti pacienta. Práve cievky, ktoré sú kolmo voči T2 sú schopné zachytiť T2. Signál je následne spracovaný.

**Kontrast**<sup>[13]</sup> používaný v MRI je pravým opakom kontrastov používaných pri CT. MRI kontrast nemá za úlohu byť priamo zobrazený či vizualizovaný. MRI kontrasty vyvolávajú silné paramagnetické efekty, ktoré znižujú T1 a T2. Najčastejšími kontrastnými látkami sú cheláty, ktorých základ tvorí Gadolinium. V praxi sa používajú jeho nízke koncentrácie, čo má za následok skrátenie času T1.

Artefakty sú v MRI diagnostike rovnako prítomné ako v každej inej zobrazovacej metóde. Vznikajú pri lokálnej inhomogenite magnetického poľa. Medzi objekty, ktoré spôsobujú takéto artefakty, patria kovové predmety (nemusia byť feromagnetické) alebo plyn. Typickým predmetom, ktorý spôsobuje MRI artefakt, je čip, či metalické CT.



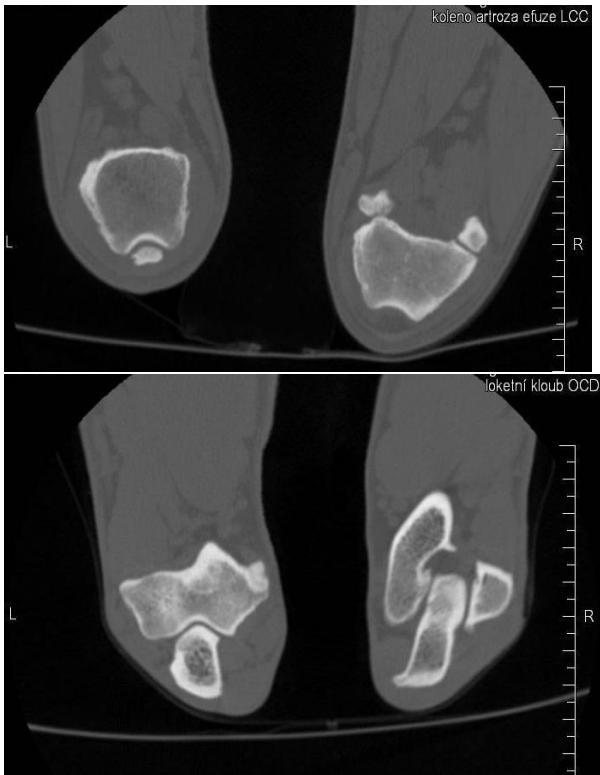
- MRI snímok mozgu. Kortikálna kosť čierna, CNS dobre vizualizované.



## Porovnanie vlastností CT a MRI

### CT

- Princípom je určenie **elektrónovej hustoty** tkanív a detekcia prejdeného rtg žiarenia (čím vyššia elektrónová hustota, tým viac zachyteného rtg žiarenia)
- Lineárny atenuačný koeficient
- Je to tomografická metóda- výsledkom sú tenké transverzálne rezy bez superpozície tkanív
- Vyšetrenie nosu, CNS, hrudníku, abdomenu, skeletu
  
- **Kortikálna kosť je vždy hyperdenzná- BIELA**



### MRI

- Princípom je **protónová hustota tkaniva**, magnetické pole a rádiové pulzy
- Nejde o ionizujúce žiarenie!
- Je to tomografická metóda- zobrazenie v ľubovoľnej rovine bez superpozície mäkkých tkanív
- Výborné zobrazenie mäkkých tkanív (kvôli protónu- vodíku)
- Vyšetrenie CNS (mozok, miecha)
  
- **Kortikálna kosť je vždy asignálna-ČIERNA**

