

---

## SLIKANJA V MEDICINI

Maksimiljan Kadivec

Začetek slikanja notranjosti človeškega telesa je leto 1895, koje Wilhem Conrad Roentgen naredil prvo sliko roke. Slikanje v medicini (radiologija) je zelo pomembna veja sodobne medicine in v zadnjih desetletjih se je eksplozivno razvijala (1, 3).

Slikanja v medicini imajo zelo pomembno vlogo v diagnostičnem postopku. Intervencijske metode v radiologiji (punkcije, drenaže in drugo) so odvisne od dobrih diagnostičnih podatkov. Take podatke dobimo s pomočjo oddanih ali sprejetih elektromagnetnih valovanj ali mehaničnih vibracij (ultrazvok). Osnova sodobnih slikanj v medicini so naslednji fizikalni pojavi:

- X-žarki se absorbirajo v tkivih (rentgenske preiskave),
- radiofrekvenčno žarčenje povzroči vznburjenje določenih atomskih jeder (vodik) v magnetnem polju (slikanje z magnetno resonanco, ki temelji na magnetni resonanci atomskih jeder),
- radioaktivni izotopi, ki se kopičijo v določenih tkivih, oddajajo gama žarke (izotopsko slikanje),
- visoko frekvenčno valovanje glede na zgostitev in razredčitev snovi se odbija nazaj k senzorju v oddajniku (ultrazvočni pregledi),
- tkiva spontano oddajajo infrardeče žarčenje (termografija).

Vse metode slikanja, razen ultrazvoka, so v osnovi elektromagnetna žarčenja (valovanja), ki delujejo v različnih energetskih območjih. Ultrazvok (UZ) oziroma ultrazvočno slikanje temelji na zaznavanju vibracij, ki se proizvajajo v piezoelektričnem kristalu (3, 4).

Žarčenja (X, gama, beta in alfa) imajo zmožnost, da ionizirajo atome in cepijo molekule, s tem pa lahko povzročijo biološke učinke. Ultrazvočna metoda in metoda varnosti sta na splošno bolj priporočljivi (1, 2).

---

## NAČINI KLASIČNEGA SLIKANJA IN PRESVETLJAVE

Klasična radiografija: je izvorna, začetna radiografija, pri kateri X žarki potujejo skozi organizem bolnika in naredijo sliko neposredno na fotografskem filmu. Slikovni prikaz telesa in organov z rentgensko tehniko je mogoč zato, ker se različna tkiva, organi in snovi med seboj razlikujejo po gostoti, debelini, fizikalnih in kemičnih lastnostih. Pri prehodu skozi telo rentgenski žarki izgubljajo energijo zaradi absorpcije, fotoelektričnega pojava in sipanja žarkov. Pri prehodu rentgenskih žarkov skozi organizem pride zato do različnih oslabeitev sevanja, ta pa na filmu omogočajo nastanek slike.

Film je ponavadi na obeh straneh prekrit s fotografsko emulzijo. Emulzija je sestavljena iz tanke plasti želatine, v kateri so drobni kristali srebrovega bromida. Emulzija je občutljiva na fotone- X žarki, ultravijolični žarki in vidna svetloba lahko počrni film.

Slike postanejo vidne po obdelavi filma v tekočem razvijalcu, nato se film spere, fiksira in posuši (2).

### **Običajni posnetek**

Lahko ga naredimo pri stoječem, sedečem in ležečem bolniku. Potek žarkov je horizontalen, pravokoten ali poševen. Rentgenska cev je lahko nad mizo ali pod njo oziroma pred bolnikom ali za njim.

Kadar potekajo žarki od zadaj naprej, je to postero anteriorni posnetek (p.a.- npr. posnetek pljuč in srca). Kadar potekajo žarki v obrnjeni smeri, torej od spredaj proti zadnjem delu, pa imenujemo posnetek antero posteriorni ali a.p. posnetek.

### **Tomografija**

Slikanje v plasteh ali globinsko slikanje imenujemo tomografija. Princip tomografije je v tem, da se cev in kasetna s filmom med slikanjem gibljeta v nasprotno smer, vrtilišče tega gibanja pa je v notranjosti telesa. Vsa območja, ki ležijo na ravnini, položeni skozi točko vrtilišča, so jasno prikazana, ostala pa so zabrisana - v današnjem času najbolj pogosta uporaba v diagnostiki skeleta (2, 6).

---

## Diaskopija

V sodobni diaskopiji slike ne gledamo neposredno, kot pri prvotni diaskopiji, ampak jo s pomočjo ojačevalca slike in sistema leč ter televizijske kamere prenesemo na monitor - televizijska veriga (2, 3).

## RAČUNALNIŠKA TOMOGRAFIJA - CT (X - ray computed tomography)

Izumitelj računalniške tomografije je Godfrey Hounsfield v začetku sedemdesetih let. Prvo CT napravo so začeli uporabljati leta 1972 za preiskave glave.

Napravo za računalniško tomografijo sestavljajo: rentgenska cev, generator, sistem detektorjev in računalnik. Pri sodobnih CT napravah rentgenska cev kroži okoli bolnika, medtem ko so detektorji negibni in v krogu razvrščeni okoli bolnika. Detektorji, ki vsebujejo ksenon ali kristale natrijevega oziroma kalcijevega jodida, merijo različno oslABLJENE rentgenske žarke (3, 4).

Pri slikanju s CT presvetli telo le ozek, 2-10 mm širok snop rentgenskih žarkov. Detektorji zaznajo podatke o različni absorpciji rentgenskih žarkov pri prehodu skozi organizem. Podatke analizira računalnik in izračuna količino absorbiranih žarkov za majhne volumske enote preiskovanega reza. Absorpcijsko vrednost prostorninskih enot imenujemo atenuacija.

Računalniška tomografija daje podatke o:

- velikosti, obliki in topografski razsežnosti organov oziroma bolezenskih procesov,
- odnosih sosednjih organov do bolezenskega procesa,
- notranji strukturi obolelega organa (2).

Nov način slikanja z računalniško tomografijo pa je spiralni CT. Preiskava s to napravo zajame večji del bolnika v krajšem času in ga s tem obremeni z manjšo obsevalno dozo. Med ekspozicijo se miza na kateri leži bolnik, premika s stalno hitrostjo skozi snop rentgenskih žarkov. Ta preiskava omogoča zelo kvalitetno tridimenzionalno rekonstrukcijo slike. V kombinaciji z bolusom kontrastnega sredstva in subtrakcijsko tehniko, lahko rekonstruiramo CT angiogram - tridimenzionalni prikaz žil v organizmu (3, 4, 5).

---

## DIAGNOSTIČNI ULTRAZVOK (UZ)

V radiologiji se ultrazvok uporablja za dva poglavitna namena:

- za prikazovanje zaporednih presekov organov
- za merjenje hitrosti toka krvi v žilah.

Tehnika slikanja z ultrazvokom se imenuje ehosonografija. Tehnika merjenja pretoka z UZ pa se najpogosteje imenuje dopplerska ultrasonografija ali ultrazvok žil.

Ultrazvok so zvočni valovi s frekvenco okoli 20 000 Hz, kar je nad slišno mejo človeka. Najpogosteje uporabljamo frekvence v obsegu 2-10 MHz. Ultrazvok sodi v območje mehanskih nihanj in valovanj. Opišemo ga lahko kot elastično nihanje delcev plinov, tekočin ali trdnih snovi okrog ravnovesnih leg. Nihajoči delec povzroči premikanje sosednjega in tako se energija skozi tkivo prenaša z delca na delec (2).

UZ se generira iz ultrazvočne sonde, položene na kožo bolnika blizu anatomskega področja, ki ga želimo preiskovati. Najpomembnejši del ultrazvočne sonde je piezoelektrični kristal (kvarz, turmalin, barijev titanat). Ti kristali se naelektrijo, če jih stisnemo. Obratno pa se primerno oblikovan kristal v polju izmeničnega električnega toka krči in razteza in s tem oddaja ultrazvočne valove (2, 3).

Ko sondo namestimo na telo, usmerimo valovanje v ozkem snopu skozi organ, ki ga želimo pregledovati. Različna tkiva človeškega telesa različno prenašajo ultrazvočne valove. Pri tem pride do lomljenja, razširitve, absorbcije in odbijanja ultrazvočnih valov. Odbiti valovi povzročijo mehanične vibracije v piezoelektričnih kristalih, s tem ustvarjajo električni signal enake frekvence kot ultrazvočno valovanje. Električni signal se nato v računalniku pretvori v zapis na katodni cevi - TV ekranu (2, 4).

V prvih dneh diagnostičnega ultrazvoka smo dobili na ekranu statično sliko, v današnjih časih pa so stare naprave zamenjale real-time aparature pri katerih na ekranu dobimo živo sliko organa, ki ga pregledujemo. Na tržišču pa so že naprave s tridimenzionalnim prikazom organov - 3 D UZ in tridimenzionalnim ultrazvočnim prikazom žilja - 3D Doppler (3).

---

### **Potek preiskave:**

Na bolnikovo kožo namažemo vodni gel, da med sondo in kožo ne pride zrak, saj ta ne prepušča ultrazvočnega valovanja. Podobno tudi v trebušni votlini zrak ne prehaja skozi meteoristično črevo, prav tako tudi ne skozi kost. Tudi pljuča nimogoče pregledovati z ultrazvokom, če je v njih zrak (2).

### **SLIKANJE Z MAGNETNO REZONANCO (MAGNETIC RESONANCE IMAGING -MRI)**

Slikanje z magnetno resonanco - MRI je najnovejša slikovna metoda v radiologiji. S to metodo lahko slikamo kateri koli del telesa v vseh ravninah. V primerjavi s CT in UZ je preiskava dražja, tehnično bolj napredna in težja za razumevanje (3, 4, 6).

### **Napravo za slikanje z magnetno resonanco sestavljajo:**

- zelo močan magnet,
- oddajnik radijskih valov,
- tuljave, ki sprejemajo radijske valove,
- računalnik.

Notranjost magneta je narejena v obliki tunela in tako velika, da lahko sprejme človeško telo. Osnovno magnetno polje v močnih magnetih se imenuje B nič ( $B_0$ ) in je navadno vzporedno z dolgo osjo preiskovanca. Moč magnetnega polja se meri v enoti tesla, ki je enak 10 na 4 potenco gaussov (1 tesla = 10 na 4 potenco gaussov).

V klinične namene uporabljamo MR naprave z močjo 0,02 do 2,0 tesla. Večina naprav ima moč magnetnega polja 0,1 - 1,5 tesla. Za primerjavo: na polih ima zemlja moč magnetnega polja 0,7 gaussa, na ekvatorju pa 0,3 gaussa (3, 6).

### **Vodikovi atomi (protoni) v magnetnem polju:**

Magnetna resonanca je pojav, ki je povezan z magnetnimi lastnostmi atomskih jeder, ki vsebujejo liho število protonov in nevtronov, kot so vodik (H), ogljik (C), fluor (F), natrij (Na), fosfor (P). Magnetne lastnosti nastanejo zato, ker se atomsko jedro vrti okoli svoje osi - pravimo, da ima spin (2, 3, 5, 6). V medicini

---

največ uporabljamo magnetno resonanco vodikovih jeder. Vodikovo jedro se vede kot namagnetena dipolna vrtavka, ki zaradi navora opleta. To opletanje je v različnih snoveh različno, kar omogoča, da razlikujemo tkiva med seboj. Dipol ima severni in južni pol. V močnem magnetnem polju MR magnetna, se del prostih dipolov postavi v smeri zunanega magnetnega polja ( $B_0$ ). Iz tega položaja jih je možno premakniti z dodatnim magnetnim poljem, ki deluje pravokotno na prvotno in omogoči sočasno opletanje vseh dipolov. Dodatno polje niha s frekvenco radijskih valov in je v resonanci z opletajočimi vodikovimi jedri. Z uporabo valov ustreznih frekvenc, ki jih usmerimo v telo, dosežemo, da jedra zanihajo in se usmerijo proti magnetnemu polju. V  $B_0$  magnetnem polju zanihajo jedra nazaj v prvotno smer in pri tem oddajo radijske valove, ki jih zaznavajo občutljivi sprejemniki - receiver coils (3, 4, 5, 6).

Kontraindikacije pri slikanju z MR:

Pri vstopu feromagnetnih objektov v področje magnetnega polja nastanejo močne mehanične sile. Premikanje takih objektov v bolniku lahko povzroči poškodbe. Med absolutne kontraindikacije za slikanje z MR sodijo:

- feromagnetne sponke na intrakranialnih anevrizmah,
- intraokularni feromagnetni tujki,
- srčni spodbujevalnik (pacemaker),
- zaradi segrevanja tkiv med preiskavo (radijski valovi), se nosečnicam do tretjega meseca nosečnosti preiskava z MR odsvetuje.

## SLIKANJE S POMOČJO RADIOIZOTOPOV

Vse rentgenološke preiskave (skupaj s CT), temeljijo na zaznavanju (detekciji) žarčenja, ki prehaja skozi bolnika. Radioizotopska slikanja pa temeljijo na odanem žarčenju izotopa, ki je v bolniku (3, 4).

Organ se vidi, ko se meri oddano gama žarčenje, ki ga oddaja radioizotop, ki je vezan na določeno fiziološko ali metabolno snov. Tako vezan izotop se vnese v organizem intravenozno ali preko gastrointestinalnega trakta. Sliko ali meritev bolnika opravimo z gama kamero. Izotope, ki oddajajo samo gama žarke, najpogosteje uporabljamo v diagnostični nuklearni medicini (npr. Tehnecij -

---

99m z razpolovno dobo 6 ur) (3). Razporeditev izotopa v telesu je odvisna od metaboličnega procesa ali od lokalne prekrvitve organa. Prednost izotopskega slikanja je prikaz fiziologije - delovanja organa, slabost pa je slaba ostrina slike (3, 4).

### ***Literatura:***

1. Paul WL, Juhl HJ. *Paul and Juhl's Essentials of Roentgen interpretation*. Hagerstown: Harper and Row, 1993.
2. Tabor L, Jevtič V, Pavčnik D. *Rentgenologija*. Ljubljana: Medicinski razgledi, 1990.
3. Petersson H. *A global textbook of radiology: The NICER Centennial Book* 1995.
4. Taveras JM, Ferrucci JT, Som PM. *Radiology*. Vol 1. Philadelphia: Lippincott, 1995.
5. Novelline RA. *Squire's Fundamentals of Radiology*: Harvard University Press, 1997.
6. Demšar F, Jevtič V, Bačič GG. *Slikanje z magnetno resonanco: Littera picta*, 1996.