

UVOD. Maligne bolesti danas predstavljaju drugi po redu učestalosti uzrok smrtnosti, posle kardiovaskularnih oboljenja, sa tendencijom daljeg porasta. Zbog učestalosti, težine i ozbiljnosti ovih bolesti, svakodnevno se ulažu ogromni naponi da se usavrše stara i razviju nova sredstva za njihovo što ranije otkrivanje i što preciznije postavljanje dijagnoze, sve u cilju poboljšanja rezultata lečenja. Ta sredstva jednim imenom nazivamo dijagnostičkim imidžing metodama (od engleske reči image-slika) tj. metodama koje, koristeći različite principe rada i tehnička rešenja, prikazuju slike unutrašnjih struktura organizma i promena na njima.

Čak i posle 100 godina postojanja radiološke dijagnostike, i danas koristimo, osnovne principe njihovog funkcionisanja i ulogu u dijagnostikovanju malignih bolesti. Najstarija metoda koja je i danas u širokoj upotrebi je **rendgensko snimanja- RTG**. Pored ove metode postoje i savremene dijagnostičke metode kojima raspolažemo u poslednjih tridesetak godina: **ultrazvuk, kompjuterizovana tomografija-CT, magnetna rezonanca- MR i pozitronske emisije tomografije.**

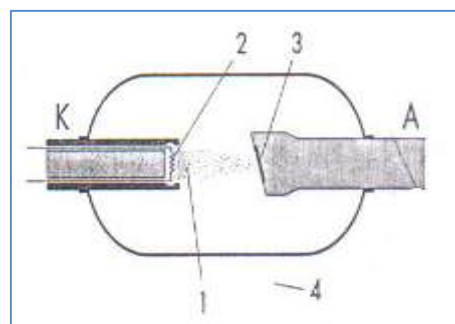
Rendgen-RTG

Osobine X-zraka. Rendgensko ili X zračenje je pronašao nemački fizičar W. C. Roentgen 8. novembra 1895. godine u svojoj laboratoriji na univerzitetu u Vicburgu. Praktična primena u medicini je počela krajem iste godine, a već 1896. godine rendgenski zraci se primenjuju za dijagnostiku u mnogim bolnicama.

Rendgensko zračenje je prostiranje EMG (elektromagnetskih) talasa veoma male talasne dužine. To je deo EMG spektra kome pripadaju X – zraci. Talasna dužina X – zraka je između 10 i 0,01 nanometra, što odgovara frekvenciji od $30 \cdot 10^{15}$ do $30 \cdot 10^{18}$ Hz. Energija ovih elektromagnetnih talasa je između 120 eV do 120 keV (od 0,12 keV do 12 keV su blagi X – zraci, a od 12 do 120 keV su jaki X – zraci). Znači to sutalasi velikih energija i prodornosti, nisu u vidljivom delu EMG spektra i jonizujuć su. Zraci nastaju prelaskom elektrona iz viših u niže orbite- ljuske i poseduju energiju koja predstavlja razliku više i niže orbite. X-zraci dobijaju se visokovakumskim elektronskim cevima u kojima se elektroni proizvode na bazi termoelektronske emisije. Rendgenski aparati predstavljaju uređaje koji proizvode tzv. rendgenske ili X-zrake i omogućavaju njihovu primenu u medicini. Prvi radiografski snimci načinjeni su tzv. Hitorfovim i Lenardovim cevima koje predstavljaju preteču današnjih, vakumskih cevi koje se mogu videti na slici.



Slika 1. savremena rendgenska cev



slika 2. rendgenska cev: (1-oblak elektrona; 2-katodna spirala;

3- anodni fokus; 4-x-zraci; K-katoda; A-anoda)

Prvi rendgenski aparati bili su univerzalni tj. korišćeni su za sve vrste radiografisanja. Sa razvojem tehnike i tehnologije, razvijaju se i aparati za specijalizovano radiografisanje. Tako je već 1920. god. patentirano nekoliko aparata za snimanje zuba. Kako danas, tako i tada, poznatiji od ostalih bili su Simensovi aparati tzv. kugleks-aparati. Radiološki pregled može se izvršiti na dva načina, tj. primenom **radiografije i radioskopije**.

Radiografija podrazumeva dobijanje radiograma odnosno rendgenske slike određenog dela tela koji je bio izložen kratkom delovanju x-zraka (kratka ekspozicija). Sa druge strane, **radioskopija** pruža sliku organa i njegovu dinamiku odnosno pokrete usled izlaganja istog zracima nekoliko desetina sekundi, pa čak i nekoliko minuta. Ovo se može dobiti zahvaljujući tzv. elektronskom svetlosnom pojačivaču i televizijskom sistemu zatvorenog tipa. Na monitoru se rendgenska slika vidi onoliko dugo koliko je sam objekat izložen dejstvu X-zraka.

Obzirom da postoje izvesne razlike u metodama snimanja, razlikujemo i pojedine delove aparata:

- rendgenska cev
- generator visokog napona
- komandni sto
- visokonaponski kablovi
- stativ,

a kod aparata za radioskopiju postoje i:

- elektronski svetlosni pojačivač (ESP)
- televizijska mreža zatvorenog tipa.

Rendgenska dijagnostika. Slike ili snimci dobijeni pomoću rentgen uređaja se koriste u rentgenskoj dijagnostici. Dobijaju se tako što se fotoni X-zračenja iz rendgenske cevi usmeravaju prema delu tela pacijenta za koji se želi dobiti slika. Telo pacijenta se postavlja između rendgenske cevi i dela na kom se nalazi fotografska emulzija filma. Jedan deo rendgenskog zračenja prolazeći kroz tkiva biva apsorbovan u zavisnosti od elemenata koji sačinjavaju tkivo, gustine i debljine tkiva. Fotoni X-zračenja koji padnu na fotografsku emulziju filma izazivaju njegovo zacrnjavanje. Delovi filma koji su potpuno zacrnjeni nastaju dejstvom fotona koji su u potpunosti prošli kroz tkiva na film. Zračenje koje je delimično apsorbovano od strane tkiva izaziva delimično zacrnjavanje filma. Nezacrnjena mesta na filmu su mesta do kojih nije dospelo rendgensko zračenje jer je nad tim delom došlo do potpune apsorpcije zračenja. Prema tome rendgenski snimak je slika koja se sastoji od svetlih i tamnih nijansi crne boje. Tumačenje rendgenskih snimaka je veoma komplikovan postupak za koji je potrebno višegodišnje obučavanje. Razlog tome je što se svi snimci međusobno razlikuju, pa ne postoji precizno pravilo njegovog tumačenja i što su neke strukture koje su dobijene na snimku teško uočljive. Na osnovu izgleda snimka i uočenih struktura lekari daju dijagnoze o stanju tkiva koje je snimano.

Interakcija rendgenskog zračenja sa tkivima. Rendgenski zraci lako prolaze kroz meka tkiva, a odbijaju se od materija koja sadrže kalijum i kalcijum (kosti i dr.). Stoga postoje tri pojave pri interakciji rendgenskog zračenja sa molekulima tkiva. To su **refleksija, apsorocija i transmisija**. Većina rendgenskog zračenja se ili apsorbuje ili transmituje, a samo mali deo se reflektuje. Količina energije koja se apsorbuje u tkivu zavisi od sledećih faktora: *elementa koji sačinjavaju tkivo* (elementi većeg rednog broja u periodnom sistemu elemenata imaju veću apsorpciju), *gustine tkiva* (apsorpcija je većaukoliko je veći broj

atoma po jedinici zapremine), *debljine tkiva* (eksponencijalna zavisnost vrednosti apsorbovane energije od debljine tkiva). ApSORPCIJA fotona X – zračenja je pojava zvana fotoelektrični efekat.

Izlaganje tkiva rendgenskom zračenju može da ima loše posledice. Ovo visokoenergetsko zračenje oštećuje organe i razara njihove ćelije. Dovodi do jonizacije molekula tkiva i njegovog zagrevanja. Rendgenski zraci utiču na deobu ćelija, što se koristiti za uništavanje kancerogenih ćelija u rendgen terapiji malignih tumora. Biološko dejstvo se može manifestovati i u mutaciji gena, hromozoma i polnih ćelija.

Vrste rendgen aparata:

1) **prema nameni-** medicinske, stomatološke, veterinarske svrhe, industrija. U medicini se koriste dve vrste: dijagnostički i terapijski

2) **prema vrsti struje koju koriste-** jednopsni, dvopsni, 6, 12, odnosno 24-pulsne, u zavisnosti od broja relativno pozitivnih naponskih impulsa za vreme jedne periode primarnog naizmeničnog napona koji koriste na katodi rendgenske cevi

3) **prema portabilnosti-** stabilni, nepokretni i portabilni

4) **u pogledu posedovanja ekrana-** bez ekrana (terapijski, zubarski...) i sa ekranom. Ekran može biti klasičan ili pak zamenjen tj. televizijskim lancem

5) **prema pojedinim bližim zahtevima-** na standardne- bez obzira što su u njih ugrađena novija tehničko-tehnološka rešenja, i na specijalne- za posebne vrste pregleda (tomograf, mamograf, urograf ili sa nemenom u neurodijagostici, za angiografiju i koronografiju, digitalnu suprakcionu angiografiju ili, npr. kompjuterizovani tomograf, tzv. skener ili skraćeno CT-KT).

RENDGEN STATIVI



TELESTATIX je pogodan za sledeća ispitivanja na klinikama i u bolnicama: Rutinska ispitivanja:

- * Gastro pregled
- * Lobanja i skelet
- * Pluća
- * Tomografija

Specijalni pregledi:

- * Ginekologija
- * Limfografija
- * Bronhografija i mamografija



RASTIX 3M

- kompakt sistem za sve normalno, koso i tomografsko snimanje u horizontalnom položaju
- ne zahteva posebno učvršćivanje za plafon ili pod, u kombinaciji sa zidnim stativom kompletira sve dijagnostičke zahteve



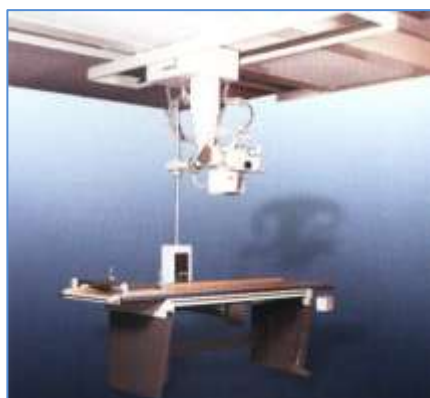
RASTIX 2

- za sve vrste normalnog, kosog i tomografskog snimanja u horizontalnom položaju



UNDISTAT 3U

- sa automatskim uređajem za ciljano snimanje 35E , spada u univerzalni dijagnostički stativ vrhunske klase.
- vrlo je pogodan kako za rendgenski rad u ambulantama i bolnicama, tako i za radiološku praksu u klinikama



TOMORASTIX 2

- konvencionalni sistem za normalna, kosa i tomografska snimanja u ležećem položaju
- velika iskorišćenost radnog prostora pored stola
- moguć je integrisani rad sa drugim stativom



HIMOBILIX E

- pokretni rendgenski aparat za primenu u oblasti hirurgije, ortopedije, kardiologije i traumatologije
- moguće je snimanje i skopiranje u svim ravnima



MOBILIX 100S

- mobilni rendgen aparat predviđen za primenu u bolničkim kabinetima, kabinetima za ortopediju i traumatologiju
- lagan je i jednostavan za rukovanje

rendgen aparati- prikaz različitih vrsta



slika 10. rendgen aparat



slika 11. stari rendgen aparat



slika 12. rendgen za radiološku dijagnostiku



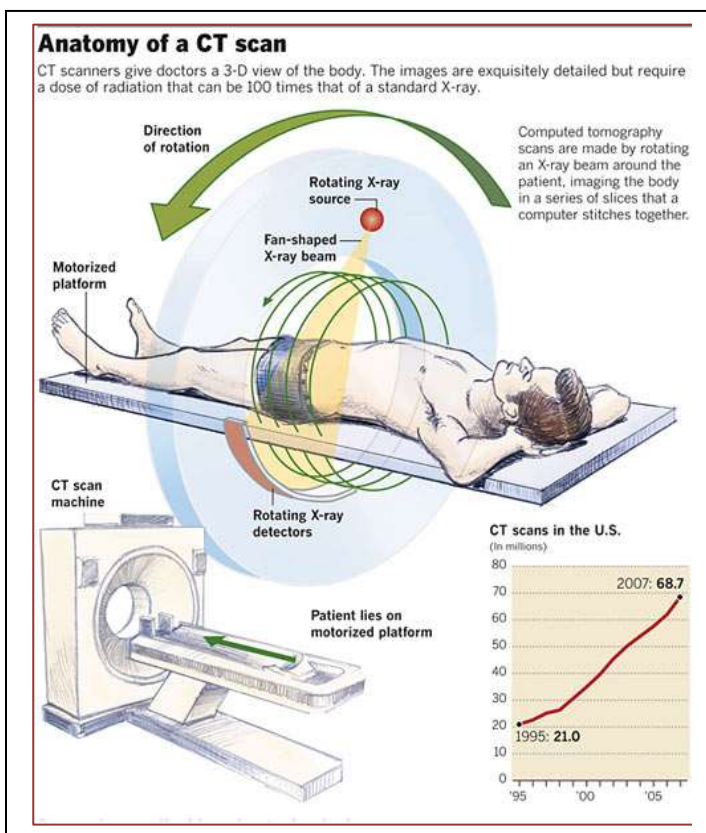
slika 13. digitalni rendgen- najsavremeniji



slika 14. rendgen aparat za grafije

KOMPJUTERSKA TOMOGRAFIJA- CT

Intenzivnim razvojem moderne medicine i tehnologije poslednjih nekoliko desetina godina postignut je ogroman napredak u mogućnostima ranog otkrivanja i dijagnostikovanja bolesti. Upravo je rano otkrivanje bolesti jedan od ključnih elemenata u procesu lečenja bolesnika. Zahvaljujući modernoj tehnologiji, danas je na prilično jednostavan način (za pacijenta i lekara) moguće stvoriti kompletan prikaz unutrašnjosti organizma i na temelju toga postaviti odgovarajuću dijagnozu. Jedan od uređaja koji to omogućuje jeste uređaj za kompjutersku tomografiju – CT. CT uređajima prethodilo je otkrivanje nove metode rendgenske pretrage koja se uvodi dvadesetih godina XX veka i dobija naziv tomografija.



Reč tomografija je izraz izveden iz grčkog jezika i znači prikazivanje sloja. Kompjuterska tomografija je radiološka dijagnostička digitalna metoda pregleda koja se sastoji iz kompjuterske rekonstrukcije poprečnog ili aksijalnog tomografskog sloja na osnovu višestrukog merenja apsorpcionih vrednosti X – zraka. Ova metoda predstavlja kombinaciju klasičnih metoda (X–zračenja) i savremenih metoda (računar). Pregled traje od nekoliko sekundi do, najviše, jednog minuta. Bezbolan je, neinvazivan, a proces je potpuno automatizovan. Pacijent leže na stolu i uvlači se u otvor skenera, a rendgenska cev i sistem senzora vrte se oko pacijenta. Rotacijom cevi i sistema detektora obezbeđuje se nekoliko hiljada projekcija u deliću sekunde, čime se dobijaju anatomske podatke o unutrašnjosti pacijenta. Podaci se sa skenera u roku od nekoliko sekundi prosleđuju računarskoj radnoj stolici i od njih se formira realističan 3D prikaz..

Slika dobijena kompjuterskom tomografskom je proizvod višestrukog detektovanja, merenja i izračunavanja digitalnih informacija. X–zraci koji su prošli kroz telo bivaju manje ili više oslabljeni (apsorbovani) od strane tkiva i kao takvi padaju na detektor i izazivaju fluorescenciju. Od ove svetlosti stvara se analogni strujni impulsi koji se u A/D-konvertoru pretvaraju u digitalne signale. Digitalni signal se šalje u računar. U računaru se vrši obrada signala i uz pomoć procesora slike vrši se rekonstrukcija slike u najkraćem mogućem roku.

Tomografsko ili slojevito snimanje omogućava prikaz određenog sloja bolesnikovog tela pomoću rendgenskih zraka. Daljem razvoju ove dijagnostičke metode mnogo su pridoneli A. M. Cormack i G. N. Hounsfield. Njihova zasluga je u tome što su prvi izveli tomografsko snimanje pomoću računara koji

rekonstruiše sliku i za taj izum dobili Nobelovu nagradu u medicini 1979. godine. Kompjuterska tomografija se od 1973. godine upotrebljavala u dijagnostičke svrhe, ali samo za prikaz strukture mozga. CT aparatura je od tada do danas doživela mnogobrojna poboljšanja. U početku se snimala samo glava, a nekoliko godina kasnije CT uređaj se koristio i za preglede svih delova tela.

Glavni delovi CT uređaja su **pokretni sto** na kome leži bolesnik, **kućište u kom se nalazi rendgenska cev i detektori**, potom **generator, komandni sto i radni sto sa monitorom** za obavljanje pregleda, te **računar**. Za vreme pregleda rendgenska cev se rotira oko bolesnika. Rendgensko zračenje koje emituje rendgenska cev prolazi kroz zadani sloj bolesnikovog tela. Rendgenske zrake prolaskom kroz različita tkiva nejednako slabe, zavisno od gustine, sastava i debljine tkiva. Tako nejednako oslabljeno rendgensko zračenje pada na detektore, a računar sintetizuje sliku nakon prethodne analize podataka dobijenih sa detektora.

Danas je u primeni nekoliko generacija CT uređaja. Tehnološka rešenja CT uređaja su svakim danom sve bolja, te omogućavaju sve kvalitetniju i bržu obradu bolesnika. Zahvaljujući napretku tehnike na CT uređaje priključuju se radne stanice sa različitim programskim paketima (software), prilagođenim za prikaz pojedinih organa i organskih tkiva. Takvi uređaji omogućuju nam dvodimenzionalni, te trodimenzionalni prikaz snimanog dela tela, što značajno unapređuje dijagnostiku.

CT je danas nezaobilazna metoda u dijagnostici bolesti mozga, grudnog koša, uključujući plućna krila, potom u dijagnostici trbušnih organa, izuzimajući želudac i creva. Apsolutnih kontraindikacija za pregled CT uređajem nema. Relativna je kontraindikacija trudnoća, što znači da se i trudnica može podvrći CT pregledu, kao i ostalim radiološkim pregledima (uz odgovarajuće mere zaštite), ako za to postoji vitalna indikacija. CT dijagnostika, kao i ostale radiološke dijagnostičke metode, nosi sa sobom određeni rizik zbog mogućih posledica zračenja organizma malim dijagnostičkim dozama. Iako je rizik malen, zbog velikog broja radioloških pregleda koji se svakodnevno izvode, treba o njemu voditi računa. Osnovna prevencija je postojanje opravdane medicinske potrebe za CT pretragom. Opravdano izlaganje zračenju kod CT pregleda bolesnika donosi veću korist nego što je opasnost od posledica zračenja.

Glavna prednost kompjueterske tomografije u odnosu na klasične radiološke metode je u mogućnosti merenja gustine pojedinog patološkog procesa, tačnoj proceni veličine i odnosa sa susednim anatomskim strukturama. Upotrebom kontrastnih sredstava omogućen je prikaz krvnih žila. CT pregled ne zahteva posebnu pripremu bolesnika. U toku pregleda bolesnik obično leži na leđima, izuzetno na trbuhu ili boku. Za vreme snimanja pregledani deo tela mora biti potpuno miran, a ako se vrši pregled grudnog koša ili trbuha, u toku snimanja bolesnik mora zaustaviti disanje.

Jedna od najvažnijih prednosti u odnosu na neke dijagnostičke metode (npr. u odnosu na rentgeologiju) je mogućnost dobijanja 3D slika i aksijalnih preseka. Bitna karakteristika dijagnostičkih aparata je brzina dobijanja slike. CT-skeneri, novijih generacija su izuzetno brzi. Tako postoje skeneri koji mogu danaprave 768 preseka za četvrti deo sekunde. Pregled na njima traje veoma kratko; glave: 3 – 4 sekunde, srca: 5,5 – 6 sekundi, grudnog koša: 7 – 8 sekundi, celog tela: manje od jednog minuta. Ovo je veoma značajno jer je kraće izlaganje rendgenskom zračenju. Pored toga

uređaj je efikasniji (može se uraditi veći broj pregleda za relativno kratko vreme), a za urgentne slučajeve od presudnog značaja je velika brzina dijagnostikovanja. Vrhunski pregled na ovim uređajima omogućava dobra rezolucija zahvaljujući mogućnosti snimanja veoma tankih slojeva tkiva (0,5 mm) i brze rekonstrukcije slike na osnovu velikog broja slojeva. Pregled je neinvanzivan, bezbolan i potpuno automatizovan. U poređenju sa nuklearnom magnetskom rezonancom (NMR) CT je jeftinija metoda, pristupačnija za ambulantne pacijente; CT daje bolje prikaze koštanih struktura, u odnosu na NMR. Zbog jakog magnetnog polja NMR nije pogodan za pacijente sa pejsmejkerima, implantatima i sl.

Osnovni nedostatak CT-a je njegova visoka cena. Postoji ograničenje u vremenu izlaganja zračenju koje ne bi trebalo da se prekorači, pa nije preporučljivo često skeniranje. U odnosu na NMR je taj što ne može da skenira u sve tri ravni poput NMR-a, već samo u jednoj. To je kod snimanja kičme i kičmenog stuba gde su za dobru dijagnostiku potrebni sagitalni snimci, a CT ima mogućnost dobijanja samo aksijalnih snimaka. Pri snimanju bele mase CT nije dovoljno senzitivna metoda, pa kod obolenja kakva je multiplaskleroza teško vidljive lezije mogu proći neopažene tokom skeniranja.

