

Capitolul I

ISTORIA DESCOPERIRII RAZELOR X

Marile descoperiri sunt rodul și sinteza efortului comun depus de oamenii de știință de-a lungul unei perioade istorice. Watt, Crookes, Edison, Ruhmkorff, Maxwell sunt doar câteva personalități care, prin observațiile și experimentele efectuate, au creat premise pentru descoperirea radiațiilor X. Este totuși meritul de necontestat al lui Wilhelm Konrad Roentgen (1845–1923), profesor la Universitatea din Wurzburg (Bavaria), de a fi remarcat și interpretat corect un anumit fenomen și de a fi descoperit astfel, în 1895, razele X.

William Thomson, fizician englez, contemporan cu Roentgen, descrie astfel această descoperire epocală: “8 noiembrie 1895 va rămâne o dată memorabilă în istoria științelor. În acea zi, o lumină, care nu fusese văzută niciodată, a fost pentru prima oară recunoscută prin observația unui om. Observatorul a fost profesorul W.K. Roentgen; locul descoperirii – Universitatea din Wurzburg, Bavaria, Institutul de cercetări în domeniul fizicii; ce a văzut – o slabă iluminare verde și tremurătoare pe o bucată de carton acoperit cu un produs chimic fluorescent.

Evenimentul s-a produs într-o sală riguros obscură. În această sală, un tub Crookes, excitat de descărcările unei bobine de inducție, era acoperit cu ecrane din carton negru, opac pentru lumina cunoscută. În obscuritatea special creată pentru a permite ochiului de a recepționa orice fenomen luminescent, nu se observa nimic, până când acele raze, încă neidentificate, emise fără îndoială de tubul Crookes, au traversat carapacea de carton, căzând pe ecranul fluorescent. Ele și-au pus în evidență existența luminând, într-o oarecare măsură, obscuritatea.

Roentgen a avut nevoie doar de câteva minute pentru ca să observe că ecranul s-a iluminat sub influența unor raze invizibile, să remarce

o linie de umbră traversând ecranul, să identifice obiectul care a produs această umbră, să verifice că sursa de radiații este cu certitudine tubul Crookes.

Aceste radiații, care nu sunt vizibile decât atunci când cad pe un ecran, s-au dovedit a avea o putere de pătrundere de neimaginat până atunci. Ele străbat cu ușurință cartonul, lemnul, stofa, tăblia unei mese subțiri, o carte de două mii de pagini și fac să strălucească în continuare ecranul plasat în calea lor. Numai metalele, arama, fierul, argintul, plumbul par a fi mai puțin penetrabile, cele mai dense dintre ele fiind practic opace. Cel mai ciudat însă dintre toate acestea era faptul că dacă pielea era transparentă, oasele erau mult mai puțin transparente.

Cercetătorul, punând mâna între sursa de radiații și ecran, a văzut proiectat conturul osos, pe viu, al mâinii sale. Marea descoperire se înfăptuise.

Cu această ocazie s-a efectuat și primul examen radiologic. De atunci și până în prezent, datorită contribuției oamenilor de știință: fizicieni, ingineri, medici prin studiile moderne asupra structurii materiei și în special asupra structurii atomului și prin perfecționarea continuă a aparatului, știința radiologică a cunoscut o dezvoltare prodigioasă, aplicându-se din ce în ce mai mult în diferite domenii ale științei și, în particular, în medicină și biologie.

Folosirea razelor X în scopul diagnosticării, precum și în terapia unor boli etc., sunt desigur realizări dintre cele mai mari ale științei. Aceste realizări au ridicat multe probleme noi și au deschis posibilitatea studiului unora din ele, care până la descoperirea razelor X păreau complet nerezolvabile. "Știința, scria I.P. Pavlov, progresează prin salturi, în funcție de succesele metodelor. Cu fiecare pas înainte al metodelor parcă ne ridicăm cu o treaptă mai sus, de pe care ni se deschide un orizont mai larg, cu obiective inaccesibile până atunci". Aceste cuvinte ale marelui fiziolog sunt aplicabile cum nu se poate mai bine în cazul de față.

În cele din urmă putem conchide că nu există nici un domeniu al medicinei, care să nu recurgă în mod curent la razele X în scopul stabilirii sau confirmării diagnosticului.

Tubul de raze X

Acest tub este format dintr-un balon de sticlă cu două prelun-giri tubulare. Balonul este construit dintr-o sticlă specială rezistentă la presiuni exterioare (în interior fiind vid înaintat), la diferențe mari de potențial și la o temperatură ridicată.

În interiorul tubului se află doi electrozi: unul negativ, numit catod, și altul pozitiv, – anod (fig. 1). Catodul este format dintr-un filament spiralat de tungsten, metal greu fuzibil. În jurul filamentului se afla o piesă metalică în formă de pâlnie numită *piesă de concentrare* (a electronilor pe anticatod).

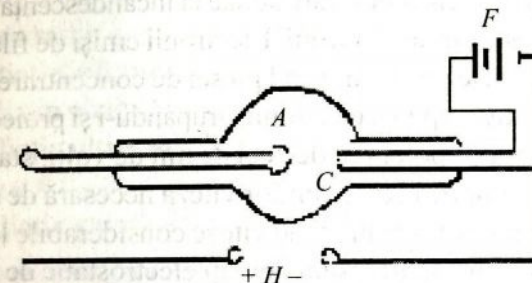


Fig. 1. Tub de raze X : C – catod; A – anod; F – sursă de alimentare a catodului (filament); H – sursă de înaltă tensiune pentru accelerarea electronilor.

Anodul – aflat în partea opusă catodului (anticatod), la distanță mică de acesta – este construit dintr-un bloc de cupru legat cu exteriorul printr-o armătură metalică. Suprafața anodului este înclinată oblic. În centrul acestei suprafețe este aplicată o plăcuță de tungsten, numită *pastilă* de tungsten, care alcătuiește focarul tubului. Se folosește tungsten pentru că este un material suficient de rezistent la temperaturi ridicate care apar în timpul funcționării tubului. Temperatura de topire a tungstenului este de 3370°C . Suprafața anodului este înclinată față de catod, pentru ca fasciculul de raze X să aibă o orientare convenabilă la folosirea lor. Tuburile mai perfecționate au anodul în formă de ciupercă – anod rotativ – la care focarul termic este echivalent cu circumferința ciupercii, iar focarul optic foarte mic.

Electronii catodului, venind cu viteză mare se izbesc în focarul termic al anodului, transformând energia cinetică în 98% căldură, 1% pierderi prin ricoșare și 1% raze X. Căldura predomină și de aceea este numit focar termic. Pentru a împiedica creșterea temperaturii peste punctul de topire al anodului se folosesc diferite sisteme de răcire.

Funcționarea tubului de raze X are la bază fenomenul termoelectric. Trebuie, deci, să se obțină un fascicul de electroni pentru a produce raze X. Pentru aceasta se dă drumul unui anumit curent de încălzire (curent de joasă tensiune (6–15V) și de intensitate mare (3–5A), care se obține cu ajutorul unui transformator de joasă tensiune), care aduce la incandescență filamentul catodic și acesta emite electroni. Electronii emiși de filament sunt strânși într-un fascicul cu ajutorul piesei de concentrare, care fiind încărcată negativ respinge electronii, grupându-i și proiectându-i pe anod. Diferența de potențial de zeci de mii de volți, stabilită între anod și catod, imprimă electronilor viteza necesară de a ajunge la anod. Electronii astfel animați de viteze considerabile lovesc anodul, fiind oprii brusc: unii sunt deviați electrostatic de nucleu, iar alții – de către electronii atomilor anticatodului. Razele X iau naștere în două feluri: prin frânarea electronilor din fasciculul catodic și prin producerea de raze caracteristice.

Razele X de frânare iau naștere în urma opririi bruște a electronilor din fasciculul catodic. Frânarea se poate compara cu o oscilație între maxim și zero. Energia cinetică a electronilor se transformă în momentul frânării (care înseamnă accelerație negativă) în energie electromagnetică roentgeniană.

Razele X caracteristice se produc prin dislocarea electronilor din straturile mai apropiate ale nucleului atomului. Atomul excitat își revine din această stare labilă prin ocuparea golurilor de către electronii din straturile periferice. În felul acesta se emit cuante de energie roentgeniană, egală cu diferența de energie potențială dintre orbitele periferice și centrale între care s-au făcut schimbările de electroni.

Natura și proprietățile razelor X

Razele X sunt radiații electromagnetice, ca și razele luminoase, ultraviolete, infraroșii, razele γ etc. Se consideră astăzi că toate aceste radiații care se propagă în linie dreaptă ca și lumina, cu aceeași viteză de 300 000 km/s, în vid, sunt diferite modalități ale uneia și aceleiași energii și diferă între ele doar prin lungimea lor de undă. Lungimea de undă ale radiațiilor X se măsoară în angstromi (\AA) – unitate de lungime egală cu a zecea milioane parte dintr-un milimetru.

Razele X se situează în spectrul radiațiilor între razele ultraviolete și radiația γ .

– unde radio	_____	10^{13} – 10^6 \AA
– radiație infraroșie	_____	10^6 –7500 \AA
– radiație vizibilă	_____	7500–4000 \AA
– radiație ultravioletă	_____	4000 – 10 \AA
– raze X	_____	10–0,1 \AA
– radiație gama	_____	0,1– 0,003 \AA

Folosirea razelor X se datorește unor proprietăți deosebite pe care le posedă, și anume:

– *fenomenul de luminescență*. Razele X sunt capabile să provoace emiterea cuantelor de lumină când întâlnesc în drumul lor anumite substanțe (platino-cianura de bariu, de calciu sau de potasiu, sulfura de zinc și de cadmiu etc.). Acesta a fost fenomenul care l-a adus pe Roentgen pe drumul descoperirii razelor, numit *radio-luminescență*. Luminescența cuprinde două forme: fluorescența și fosforescența. Este vorba de fluorescență, în cazul în care emisia de lumină dispăre o dată cu încetarea iradierii. În cazul fosforescenței emisia de lumină continuă și după încetarea iradierii.

Luminescența se bazează pe excitația atomilor conform teoriei lui Bohr asupra formării luminii. Anume acest fenomen stă la baza formării imaginii radioscopice;

– *acțiunea chimică fotografică*. Razele X impresionează placa fotografică. Sărurile de argint, situate pe placa fotografică (filmul

radiografic), suferă anumite procese de ionizare, devenind sensibile la acțiunea substanțelor reductoare care precipită argintul sub formă de pulbere neagră.

Îndată după descoperirea razelor X de către Roentgen, nu se ținea încă suficient seama de faptul că radiografiile nu au nimic comun cu fotografiile obișnuite, afară de tratamentul similar al plăcilor prin băi revelatoare și fixatoare. În afară de aceste manipulații, imaginile obținute se deosebesc în mod esențial între ele.

În timp ce fotografiile reprezintă doar forma exterioară a obiectelor, transportată pe placă prin intermediul unui obiectiv cu o reducere considerabilă a dimensiunilor, radiografiile, ca și imaginile radioscopice obținute pe ecranul fluorescent, sunt umbre proiectate și în general mărite, prezentând mari analogii cu imaginile cunoscute sub numele de umbre chinezești, formate prin punerea unui corp opac între sursa de lumină și suprafața plană. Tocmai în aceasta constă marele interes pe care îl prezintă razele X . Ele nu sunt umbre uniforme, ci umbre complexe, suprafețe, de diferite tonalități, care relevă nu numai conturul exterior aparent vizibil, ci și detalii de structură internă, datorită diferențelor de compoziție chimică și de grosime, densitate (diferență de număr de atomi), care scapă organelor noastre de simț.

– *absorbția razelor X* . În drumul lor, razele X întâlnesc diferite corpuri materiale pe care le străbat. Urmărind fasciculul de raze X în momentul pătrunderii într-un corp oarecare și la ieșirea lor din acel corp, constatăm anumite modificări în ceea ce privește cantitatea razelor și calitatea lor. Aceste modificări se datoresc absorbției inegale a razelor X de către corpul străbătut, deoarece el nu este întotdeauna de o consistență omogenă. Să luăm, de exemplu, corpul omenesc. Vom găsi în acest caz regiuni mai voluminoase, mai groase, iar altele mai dense, având un număr mai mare de celule. De aceea și absorbția va fi diferită.

Absorbția va fi mai sporită în regiunile mai groase prin care radiațiile vor avea un drum mai lung de străbătut. În regiunile cu țesuturi mai dense absorbția de asemenea va fi mai mare. De exemplu,

țesuturile moi ale antebrațului vor absorbi mai multe radiații decât țesuturile moi ale mâinii, fiind de o grosime mai mare. Regiunea hepatică va absorbi mai multe radiații decât regiunea bazală a plămânilor, deoarece are o densitate mai mare.

În lumina exemplelor menționate deducem că *absorbția este în funcție de densitatea și grosimea țesuturilor prin care trec razele, fiind direct proporțională cu acestea.*

Fenomenul absorbției mai este legat, în afară de natura corpului străbătut, și de anumite calități pe care le prezintă radiațiile în momentul formării lor. Cu cât lungimea de undă va fi mai mică (având deci o frecvență mai mare), cu atât absorbția va fi și ea mai mică, radiațiile având, în asemenea cazuri, calitatea de a fi mai penetrante, mai dure.

Dintre toate proprietățile razelor roentgen, absorbția are o deosebită importanță în practica radiologiei medicale. Diferența de absorbție a țesuturilor și organelor corpului omenesc determină posibilitatea obținerii imaginii radioscopice sau radiografice. Acțiunea biologică a razelor X este efectul absorbției cuantelor de energie roentgeniană în țesuturile iradiate.

În afară de aceste proprietăți (fenomenul de luminescență, acțiunea chimică fotografică, absorbția), razele X mai posedă unele proprietăți comune și altor radiații, cum sunt:

- propagarea în linie dreaptă;
- viteza de 300 000 km/s, ca și a luminii;
- frecvența mare;
- penetrația mare;
- iau naștere dintr-un punct și se propagă sferic etc.

Particularitățile imaginii radiologice

Particularitățile imaginii radiologice sunt în funcție de proprietățile fizice ale radiațiilor X . Aceste particularități se supun anumitor legi, și anume: legea proiecției conice, legea sumatției planurilor, legea incidentelor tangențiale.

Legea proiecției conice. Acest fenomen al imaginii radiologice se datorește faptului că fasciculul de radiații are forma unui con, cu vârful la nivelul focarului optic și baza pe filmul radiologic. În acest caz imaginea corpului supus radiației este proiecția conică a lui cu toate deformările geometrice ce decurg din aceasta:

- imaginea apare mărită (fig. 2) în cazul când obiectul este situat mai aproape de focar (sursa de radiații) și mai departe de ecran. Pentru a obține imagini de dimensiuni cât mai aproape de cele reale trebuie să situăm corpul examinat cât mai aproape de ecran și cât mai departe de sursa de radiații;

- imaginea unui corp plasat la periferia fasciculului de radiații este mai deformată decât imaginea aceluiași corp așezat în centrul fasciculului.

În cazurile în care radiațiile cad oblic pe obiectul examinat, acesta va apărea scurtat (fig. 3 a). De exemplu imaginea unui cui se poate proiecta ca un punct, dacă axul longitudinal este paralel cu fasciculul de radiații, sau ca o linie, mai scurtă decât el, dacă radiațiile cad oblic. În funcție de deformările obiectului sau organului supus radiației se obțin aspecte foarte curioase, care trebuie cunoscute pentru a nu se interpreta eronat o anumită imagine (fig. 3 b, c, d). De exemplu, dacă o bronhie va fi traversată de razele X de-a lungul axului longitudinal, imaginea va avea aspectul unui inel, centrul fiind clar datorită conținutului aeric. Această proiecție în lungul organului se numește *proiecție ortoroentgenogradă*.

Imaginile radiologice pot apărea separate (fenomenul de paralaxă). Imaginile obiectelor situate pe același ax, dar în planuri diferite de planul de proiecție, își schimbă poziția și forma – pe ecran sau pe film – dacă deplasăm, fie tubul de raze X, fie obiectele în ansamblu. Acest fenomen, numit *paralaxă* (fig. 4), servește pentru disocierea diferitelor planuri sau imagini, care prin proiecție obișnuită apar vizibile ca o singură imagine. Paralaxa este indicată în cazul când apar două sau mai multe imagini suprapuse (de exemplu, o cavitate tuberculoasă peste care se proiectează o zonă opacă).

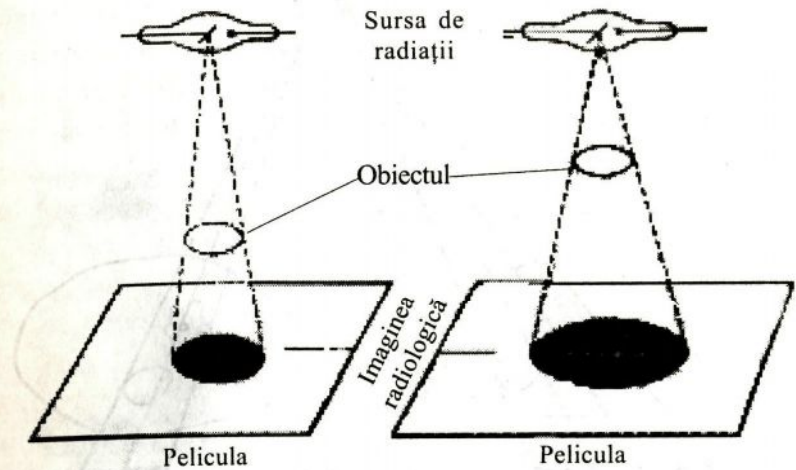


Fig. 2. Mărirea imaginii radiologice.

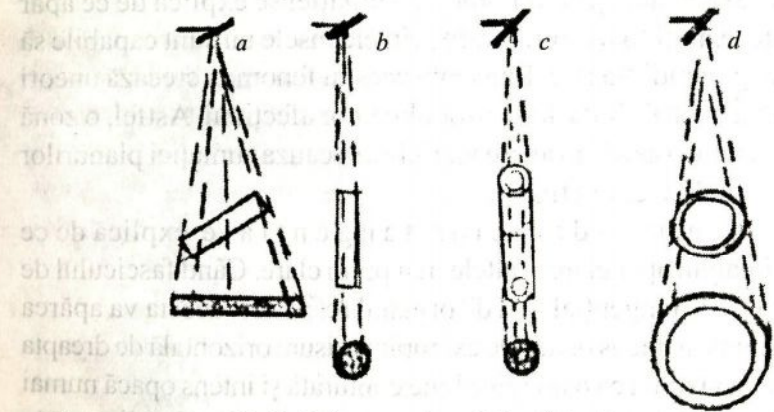


Fig. 3. Deformarea imaginii radiologice.

Legea sumăției planurilor reprezintă proiectarea pe o imagine a mai multor organe situate în planuri diferite, dar care sunt străbătute de radiațiile X aproximativ pe același ax. Exemplu: mediastinul, la a cărui imagine concură coloana vertebrală, vasele, inima, sternul.

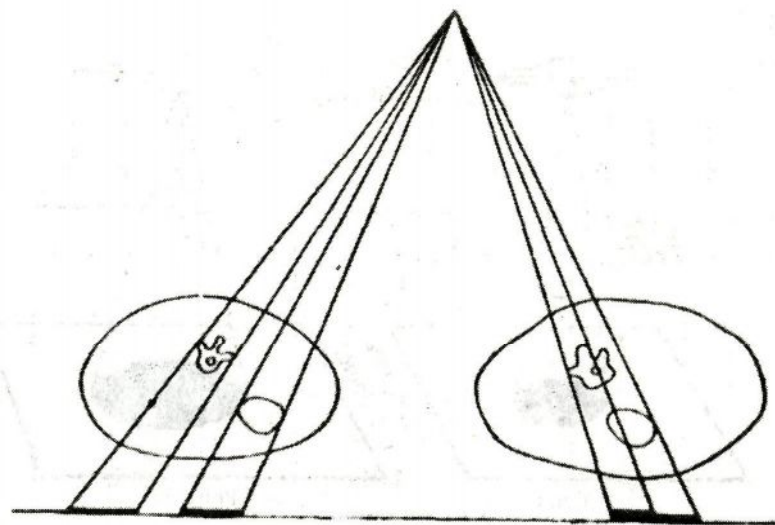


Fig. 4. Fenomenul de parallaxă – disocierea planurilor.

De asemenea, prin fenomenul sumății se explică de ce apar vizibile leziuni foarte mici, care prin ele însele nu sunt capabile să dea imagini radiologice. Existența acestui fenomen creează uneori dificultăți în stabilirea diagnosticului unor afecțiuni. Astfel, o zonă de distincție osoasă nu apare vizibilă din cauza sumății planurilor supra- și subiacente (fig. 5).

Legea incidențelor tangențiale explică de ce unele imagini apar clare și altele mai puțin clare. Când fasciculul de radiații trece tangențial față de organul respectiv, acesta va apărea net conturat și intens opac. De exemplu: scisura orizontală de dreapta va apărea vizibilă ca o imagine bine conturată și intens opacă numai când fasciculul de radiații X este tangent la planul scisurii respective. Așa se explică apariția foarte netă a unei găuri osoase ce are axul paralel cu fasciculul de radiații, ștergerea parțială a unui perete al găurii osoase în cazul poziției oblice și dispariția ei completă dacă este orientată perpendicular pe fascicul cu condiția să nu creeze diferențe puternice de absorbție. Chiar suprafețe osoase dense, de

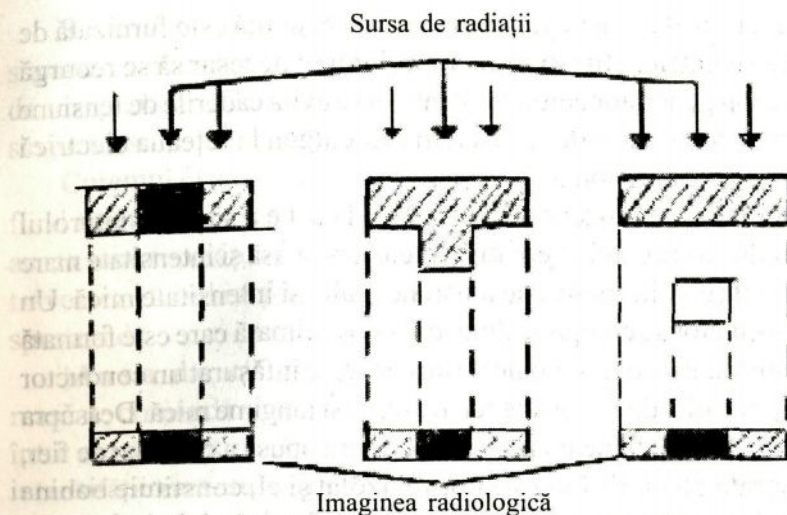


Fig. 5. Sumația planurilor (schemă).

exemplu, compacta osoasă vestibulară a mandibulei, se șterg în întregime pe o radiografie dentară, deoarece se proiectează perpendicular pe fascicul, în timp ce suprafața cu absorbție redusă, cum ar fi cea a mucoasei gingivale la nivelul crestei alveolare, apare bine vizibilă, pentru că se proiectează tangențial pe fasciculul de radiații.

Aparatura radiologică

Pentru obținerea razelor X sunt necesare:

- o sursă de curent electric de tensiune obișnuită;
- un transformator de înaltă tensiune;
- un transformator de joasă tensiune;
- un tub generator de raze X;
- redresori.

Pentru folosirea razelor X mai sunt necesare și alte piese nu mai puțin importante. Dintre acestea menționăm: ecran, stativ, masă de comandă, accesorii diferite.

Sursa de curent de tensiune obișnuită este furnizată de rețeaua electrică. În anumite împrejurări e necesar să se recurgă la un grup generator automat. Pentru a se evita căderile de tensiune este bine să se racordeze instalația Roentgen la rețeaua electrică printr-o linie autonomă.

Transformatorul de înaltă tensiune are rolul de a redresa curentul alternativ de tensiune joasă și intensitate mare în curent (tot alternativ) de tensiune înaltă și intensitate mică. Un transformator se compune dintr-o bobină primară care este formată dintr-un cadru de fier moale peste care este înfășurat un conductor de cupru izolat de o grosime relativ mare și lungime mică. Deasupra acestor spire se pune un izolator. Ramura opusă a cadrului de fier, înfășurată cu un fir lung și subțire, izolat și el, constituie bobina secundară. Izolarea celor două bobine se face cu ulei.

Variațiile câmpului magnetic produse de curentul alternativ care trece prin bobina primară realizează un curent de inducție alternativ în bobina secundară. Transformarea se face în raport cu numărul de spire ale celor două bobine. Raportul dintre numărul de spire ale bobinei secundare și ale celei primare constituie puterea de transformare. Intensitatea curentului de înaltă tensiune este măsurată în miliamperi.

Transformatorul de joasă tensiune este construit după același principiu ca și cel de înaltă tensiune. Curentul este transformat până la o tensiune de 6–12 volți, cu o intensitate de câțiva amperi. Deoarece bobina secundară a acestui transformator se află sub potențialul tensiunii înalte, ea trebuie să fie bine izolată. Acest transformator se mai numește și transformator de filament, deoarece curentul astfel redresat trece în filamentul catodic pe care îl întâlnește, aducându-l la incandescență.

Tubul de raze X a fost descris la începutul acestui capitol din motive didactice. Se poate adăuga că tubul de raze X este acoperit cu un strat metalic protector care conține și plumb. Învelișul tubului servește pentru a proteja de înaltă tensiune și contra razelor X.

Redresorii de înaltă tensiune se mai numesc și supape, ventile sau kenotroane pentru funcția pe care o îndeplinesc: de a nu permite curentului alternativ să treacă prin tub decât într-un singur sens.

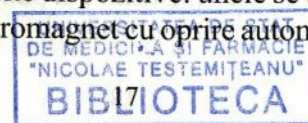
Curentul electric de înaltă tensiune produs de transformator, fiind alternativ, își schimbă sensul la fiecare sutime de secundă; de aceea sunt necesare aceste redresoare pentru a impune curentul să traverseze tubul într-un singur sens și anume, numai de la catod spre anod.

Masa de comandă. Orice instalație Roentgen are o masă de comandă și aparate de măsurat. Masa de comandă leagă între ele toate utilajele necesare pentru producerea tensiunii și intensității curentului, precum și cele pentru reglarea acestora. Examinând o masă de comandă, constatăm că curentul alternativ, produs de transformator, este adus la aparat prin intermediul întrerupătorului principal. Tensiunea este citită pe un voltmetru, iar curentul este dus la transformatorul de înaltă tensiune. Tensiunea acestui curent este citită direct pe un kilovoltmetru. Tot la nivelul mesei de comandă se găsesc întrerupătoarele care scot sau introduc în circuit curentul de încălzire pentru tub (curentul de filament) și cel de încălzire pentru supape. Aceste circuite se alimentează prin intermediul transformatorului de joasă tensiune și se reglează cu ajutorul unor rezistențe adecvate. Ampermetrul indică intensitatea curentului catodic. Miliampermetrul indică intensitatea curentului care a trecut prin tub.

Timpul de expunere a unei radiografii este în funcție de o serie de factori dintre care cei mai importanți sunt: puterea de penetrație a razelor X (kV), cantitatea razelor emise (mA), distanța anticatod – film, grosimea corpurilor de radiografiat, calitatea filmelor utilizate etc.

Pentru stabilirea timpului de expunere la executarea radiografiilor se utilizează diferite dispozitive: unele se bazează pe fixarea timpului printr-un electromagnet cu oprire automată (după trecerea

614983



timpului fixat), altele, mai moderne, se bazează pe principiul ionizării și sunt situate sub casetă. Imediat ce camera de ionizare și, deci, și filmul din casetă primesc o doză de raze corespunzătoare curbei de înregistrare medie, curentul se întrerupe în mod automat.

Masa de examinare este construită de cele mai multe ori pentru a servi, atât pentru radioscopie, cât și pentru radiografii, fiind în general, basculantă. În poziție verticală servește pentru susținerea bolnavului și a accesoriilor. În poziție orizontală permite să se efectueze mai ușor examenul bolnavului culcat. Pe masa de examinare sunt fixate suporturile tubului și ale ecranului, anumite accesorii, așa ca selectorul care permite trecerea de la scopie la grafie etc.

Ecranul. Radiațiile X nu pot fi percepute de retină. Pentru a fi vizualizate se întrebuintează ecranul radioscopic. Acesta este compus dintr-un carton impregnat cu săruri luminescente, așezat într-un cadru de susținere.

Dintre sărurile luminescente folosite astăzi pentru fabricarea ecranelor radioscopice cel mai des se utilizează sulfura mixtă de cadmiu și zinc. Aceasta dă o fluorescență care variază de la verde la galben-verde, ceea ce corespunde unui maximum de sensibilitate a ochiului. Substanțele fluorescente sunt repartizate uniform pe un suport de carton. Ecranul astfel confecționat este acoperit cu o sticlă plumbată pe de o parte, iar de cealaltă – de o placă de bachelită. Toate aceste elemente sunt fixate pe un cadru. Ecranul este montat cu partea de sticlă spre examinator. Sticla din fața ecranului trebuie să aibă un coeficient de absorbție al razelor X echivalent cu un minim de 2 mm plumb.

Ecranul împreună cu suporturile sale și sticla protectoare sunt montate la aparatele moderne pe un cadru pe care se află și dispozitivele de radiografii rapide (în serie).

Accesorii pentru combaterea radiațiilor secundare:

– *diafragma* are rolul de a limita atât fasciculul incident, cât și radiațiile secundare. Este constituit din patru lamele de plumb ușor dirijabile de la distanță.

Tuburile moderne (autoprotejate), datorită modului lor de construcție, limitează radiațiile secundare ce se produc la nivelul tubului și învelișurilor sale. De aceea tuburile autoprotejate joacă și rolul de diafragm;

– *localizatorul* (distinctorul, compresorul) limitează câmpul de examinat și, prin apăsarea țesuturilor, micșorează grosimea reducându-se astfel formarea de radiații secundare;

– *grila antidifuzoare* permite eliminarea în cea mai mare parte a radiațiilor secundare. Este formată din lamele fine de plumb orientate în același sens ca și radiațiile fasciculului primar, permițând trecerea radiațiilor numai din acest fascicul, cele secundare fiind oprite (fig. 6). Lamelele de plumb ale grilei antidifuzoare au un anumit unghi de deschidere. Între acest unghi și unghiul pe care îl fac razele cu lamelele grilei trebuie să existe un anumit raport care să permită trecerea maximă a razelor fasciculului primar și trecerea minimă a razelor secundare.

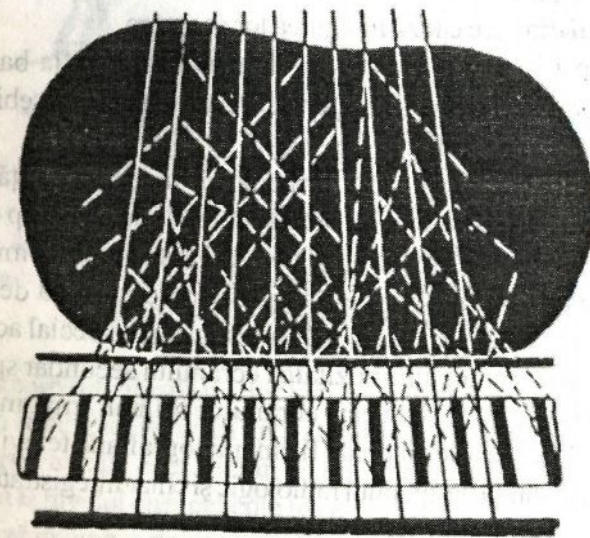


Fig. 6. Razele secundare născute în corpul străbătut sunt oprite de lamelele grilei antidifuzoare care sunt localizate pentru diferite distanțe.

Aparatele obișnuite, folosite curent, sunt înzestrate cu tuburi la care curentul vine deja redresat.

Un tip special îl constituie aparatul pentru radiografiile dentare, la care transformatorul este situat chiar în cupola tubului. Aparatul, odată ce nu mai necesită instalații complicate, este suficient să-l punem la priză.

Un aparat de diagnostic de asemenea puțin voluminos și ușor de manipulat este aparatul portativ.

Dispozitivul pentru efectuarea tomografiilor este constituit, în general, din aceleași piese ca și aparatul radiografic, cu deosebirea principală că tubul este situat pe o coloană mobilă, reglabilă, care în timpul expunerii radiografice se mișcă în sens invers față de caseta portfilm (fig. 7).

Prin mișcarea continuă a tubului și a casetei în timpul expunerii, proiecția elementelor din planul de secțiune se obține mereu pe aceleași locuri ale filmului și își imprimă imaginea, în timp ce proiecția elementelor din celelalte planuri se schimbă continuu pe diverse locuri ale filmului din care cauză imaginea lor se șterge.

Amplificatorul de luminozitate stă la baza radiocinematografiei și reprezintă o perfecționare tehnică deosebită privind examenul radiologic (fig. 8).

Imaginea radiologică se formează pe un ecran emițător de fotoelectroni, care la rândul lor sunt accelerați de un câmp electric și deviați prin "lentile" magnetice convergente, până ce imaginea se reduce de aproximativ zece ori și este recepționată de un ecran secundar. Datorită reducerii în dimensiuni și în special accelerației câmpului electronic, luminozitatea ecranului secundar sporește de câteva mii de ori față de cea a ecranului primar. Imaginea devine vizibilă la lumina zilei și poate fi cinematografiată, televizată pe un monitor la distanță de aparatul radiologic și chiar înregistrată pe bandă magnetică.

Radiofotografia este o metodă cu ajutorul căreia se fotografiază imaginea obținută pe ecranul radiosopic. Pentru aceasta

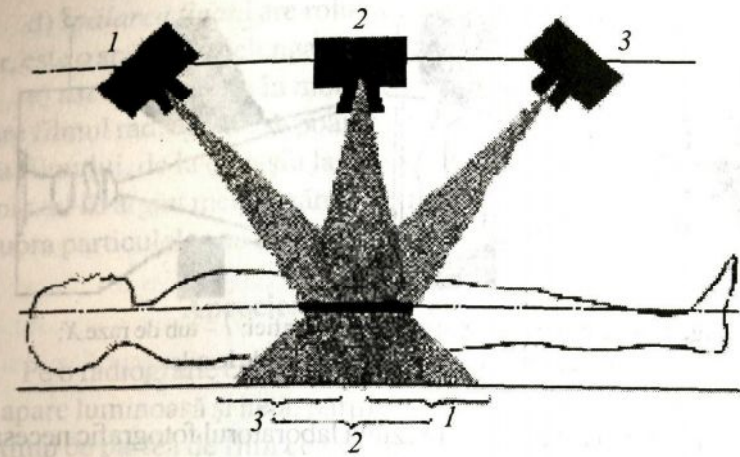


Fig. 7. Obținerea imaginii tomografice:

1, 2, 3 – diverse poziții ale tubului și casetei în timpul expunerii tomografice.

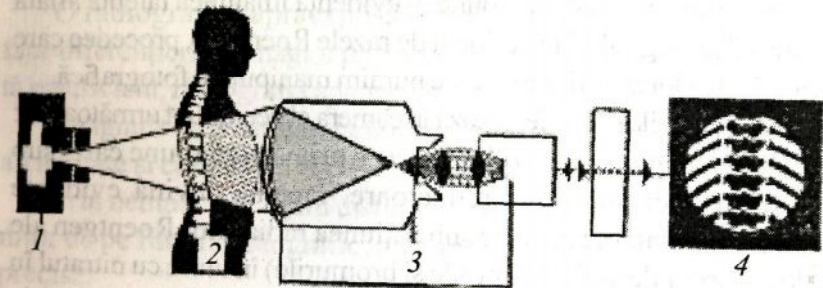


Fig. 8. Schema de principiu a unui amplificator de luminozitate:

1 – tub radiogen; 2 – obiect de examinat; 3 – amplificator de luminozitate (fotocatod); 4 – imagine radiologică.

se folosește un tub obișnuit adoptându-se la el o piramidă care are spre tub un ecran radiosopic (fig. 9). La aparatele moderne imaginea care se formează pe acest ecran este transportată pe un sistem de lentile până la nivelul unei pelicule fotografice care fiind impresionată, înregistrează imaginea de pe ecran. Formatul filmului fotografic poate fi de 7/7 cm sau 10/10 cm.

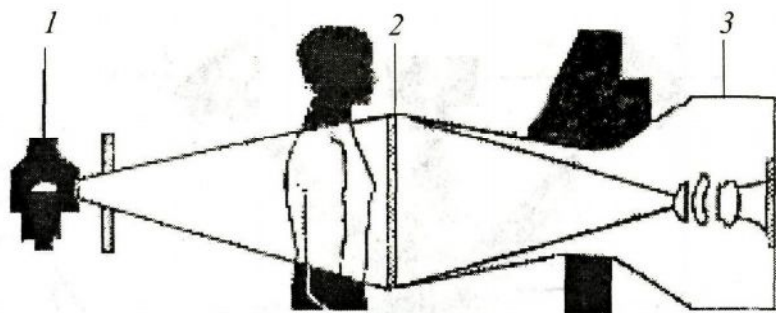


Fig. 9. Schema de principiu a radiofotografiei: 1 – tub de raze X; 2 – ecran radiosopic; 3 – sistem de lentile.

Camera obscură reprezintă laboratorul fotografic necesar oricărui serviciu de radiologie care este prevăzut cu aparatură capabilă să execute radiografii.

Aici (în camera obscură) au loc o serie de procedee chimice succesive care au rolul de a pune în evidență imaginea latentă aflată pe filmul radiografic impresionat de razele Roentgen, procedee care în totalitatea lor constituie ceea ce numim manipulare fotografică.

Manipulările ce se efectuează în camera obscură sunt următoarele:

a) *developarea sau revelarea* este prima operațiune care, sub influența unor substanțe reductoare, face să devină evidente modificările latente apărute sub acțiunea radiațiilor Roentgen ale halogenurilor de argint (clorurile și bromurile) în unire cu nitratul în emulsie de gelatină. Developarea se termină odată cu apariția completă a imaginii radiografice;

b) *spălarea intermediară* constă în clătirea de câteva ori a filmului în apă curgătoare;

c) *fixarea imaginii* este operațiunea prin care se îndepărtează sărurile de bromură de argint neinfluențate de razele Roentgen (nereduse prin developare). Dislocarea acestei săruri de bromură de argint se face cu hiposulfid de sodiu.

Imaginea obținută pe film este permanentă, deci fixată, iar soluția folosită în această operațiune poartă denumirea de fixator;

d) *spălarea finală* are rolul de a îndepărta orice urmă de fixator, este o spălare îndelungată, minuțioasă;

e) *uscarea* se face în mod curent în uscătoare speciale, după care filmul radiografic se poate păstra un timp îndelungat. Culoarea filmului, de la cenușiu la negru intens, este în funcție de precipitatul de argint metallic rămas pe film, în urma acțiunii radiațiilor asupra particulelor de bromură de argint.

Aprecierea unei radiografii

Pe o radiografie corect executată și dezvoltată structura osoasă apare luminoasă și netă; părțile moi la fel sunt bine evidențiate, în timp ce partea de film ce nu corespunde suprafeței examinate apare uniform înnegrită. La o radiografie subexpusă structura osoasă apare slabă, iar părțile moi – evidente. Părțile libere ale filmului apar cenușii.

O radiografie supraexpusă apare întunecată, fără a se putea face diferențieri de imagini pe ea. Dacă developarea a fost efectuată insuficient, radiografia apare cenușie.

Imaginile de pe filmele radiografice pot fi bine interpretate, dacă au netitate și contrast.

Prin netitate înțelegem distingerea liniilor de contur ale imaginilor de pe filmul radiografic; ele trebuie să apară clare, distincte, precise.

Contrastul reprezintă raportul dintre alb și negru al unei imagini radiografice și rolul lui este de a pune în evidență detaliile acelei imagini.

Filmul radiografic. În prezent se fabrică filme deosebit de sensibile, cu emulsie pe ambele fețe (dublă emulsie) spre deosebire de filmele foto care au un singur strat de emulsie sensibilă. Suportul filmului este format din acetat de celuloză, care arde mai greu decât hârtia și nu degajă gaze toxice.

Formatul filmelor radiografice este astăzi universal. Dimensiunile lor sunt: 13 x 18 cm; 18 x 24 cm; 24 x 30 cm; 30 x 40 cm;

15 x 40 cm; 35 x 35 cm, precum și alte filme cu format mai mic pentru radiografii dentare.

Ecranele întăritoare au rolul de a reduce foarte mult timpul de expunere în cazul efectuării unei radiografii. Având o mare putere de întărire a imaginii ele sporesc netitatea acestora. Existența ecranelor întăritoare se bazează pe proprietatea unor substanțe de a emite radiații luminoase, adică de a deveni fluorescente sub acțiunea razelor X. Substanța fluorescentă prin emisia de energie luminoasă influențează la rândul ei emulsia sensibilă a filmului radiografic. În acest fel se adaugă la acțiunea proprie a razelor X asupra filmului și acțiunea luminii emise de ecranele întăritoare.

Substanța mai frecvent utilizată în acest scop este tungstatul de calciu, care produce sub influența razelor X o fluorescență de culoare albastră-violetă, ce influențează foarte puternic emulsia sensibilă a filmului radiografic.

Casetele radiografice au rolul de a închide în interiorul lor filmele și ecranele întăritoare astfel încât să nu pătrundă în ele nici o rază luminoasă, asigurând în același timp etanșeitatea perfectă a filmului cu cele două fețe ale foliilor.

Ele prezintă o față formată din aluminiu, pe unde pătrund razele X, și o altă față formată dintr-o placă de metal rigid, unite între ele printr-o serie de resorturi. Pe fundul casetei este aplicată o bucată de pâslă subțire ce are dimensiunile casetei și care asigură un contact uniform între film și folie.

Mijloacele de contrast artificial folosite la examenele radiologice

Imaginea radiologică se formează datorită contrastului dintre negru și alb care apare în urma absorbției inegale a razelor X la trecerea lor prin corpul omenesc. Constatăm deci prezența unui contrast natural fără vreo preparație specială determinată de diferențele de greutate atomică, grosime, densitate etc. Deoarece nu orice organ poate fi vizualizat prin contraste naturale s-au obținut

anumite substanțe care, introduse în organism, determină un contrast artificial. Substanțele de contrast pot fi:

a) radioopace care realizează așa-numitul contrast pozitiv (lichide sau solide);

b) radiotransparente (sunt îndeosebi gazele).

Grație acestor substanțe de contrast s-a putut realiza imaginea numai în mod parțial, creându-se metode speciale de lucru ca de exemplu: examenul radiologic gastrointestinal, angiocardiografia, arteriografia, flebografia, bronhografia, urografia, colecistografia etc.

Protecția personalului din serviciile de radiologie

În laboratoarele de radiologie există pericolul unor acțiuni dăunătoare ale radiațiilor ionizante atât asupra personalului medical, cât și asupra bolnavilor. Aceste pericole, deși nu sunt atât de grave și frecvente ca în trecut datorită ameliorării tehnice a aparatului, nu trebuie totuși subestimate. În laboratoarele de radiologie există un fond de radiație, care provine atât din fasciculul direct, cât și din radiațiile secundare emise de corpul bolnavului, de piesele aparatului, mobilier, pereți etc. Aceste pericole nu trebuie nici exagerate; ele trebuie cunoscute, depistate și reduse la minim, în măsura în care tehnica actuală o permite. Pericolele pot fi de două feluri: pericole de electrocutare și pericole care țin de radiațiile X.

Efectul nociv al razelor X poate fi prevenit prin următoarele mijloace de protecție:

– filtrarea razelor la ieșirea din tub pentru a înlătura radiațiile mai dăunătoare. Aceasta se face cu ajutorul unui filtru de aluminiu cu o grosime de 0,5–2 mm;

– distanța tub-piele nu trebuie să fie mai mică de 40 cm (intensitatea razelor scade cu pătratul distanței);

– în timpul radiografiei corpul examinat trebuie să se afle la distanța de cel puțin 1 m, protejat de un paravan de plumb;

– pereții despărțitori, planșele etc. trebuie să fie groase, construite din materiale absorbante de raze X;

- folosirea șorțurilor de cauciuc plumbat cu un echivalent de 0,5 mm plumb;
- utilizarea măsurilor de protecție cu un echivalent de 0,30 mm plumb;
- urmărirea poziției bolnavului și comportamentul lui în timpul expunerii radiografice printr-un geam impregnat cu săruri de plumb;
- înzestrarea meselor rulante de lucru (pentru radioscopie) cu șorțuri din cauciuc plumbat cu un echivalent de cel puțin 0,5 mm plumb;
- aerisirea camerelor de lucru la anumite intervale în timpul orelor de muncă; aceste încăperi trebuie să aibă dimensiuni corespunzătoare pentru a nu se vicia aerul într-un timp scurt.

Tomografia computerizată

Tomografia axială computerizată denumită în terminologia anglo-saxonă *Computed Tomography* și în literatura franceză tomодensitometrie, este o metodă de investigație care, deși se bazează pe utilizarea razelor X, nu produce o imagine directă prin fasciculul emergent, ci prin intermediul unor numeroase măsurători dozimetrice cu prelucrarea matematică a datelor culese. Ea construiește prin calcul imaginea radiologică a unui strat transversal al corpului examinat făcând astfel parte din cadrul noilor metode de imagistică medicală radiologică. Metoda a fost realizată în anul 1973 de G. Housfield pentru examenul craniului și creierului. Ulterior tehnologia metodei a progresat în mod rapid și a permis explorarea întregului corp fiind în prezent într-o continuă evoluție.

Principiul metodei constă în aceea că o radiație Roentgen de secțiune foarte mică testează “o felie” a corpului pacientului în direcție tangențială, iar profilul intensității radiației după traversarea corpului este înregistrată de un detector.

Dacă această testare liniară se repetă din numeroase unghiuri, atunci se poate calcula distribuția spațială a valorilor de absorbție

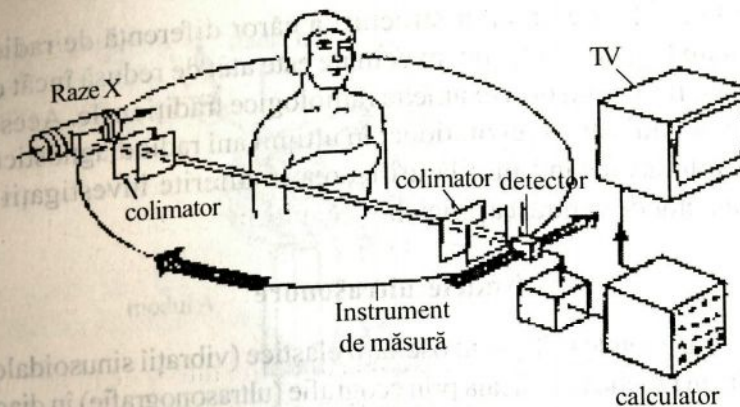


Fig. 10. Principiul de funcționare al tomografului computerizat.

“în felie” a obiectului examinat și se poate reda ca imagine. Pentru testarea obiectului se folosește un sistem radiații-receptor, constând dintr-un tub de raze X și o mulțime de detectori de măsură dispuși într-un sistem circular pe 360° (fig. 10). La aparatele mai noi tubul de raze X se deplasează pe o traiectorie circulară în jurul obiectului. În afara acestui cerc se află mai multe sute de detectori care rămân fixați în timpul examinării și înregistrează atenuarea radiației datorită absorbției țesuturilor corpului.

Valorile de densitate (numerele de densitate) obținute sunt transformate de calculator în trepte gri. Scara valorilor absorbite (scara Hausfield) se întinde de la + 1000 (oase), peste zero (apă), până la - 1000 (aer), deci 2000 de trepte sau chiar mai multe.

Deoarece la examinarea imaginii nu se pot distinge simultan toate treptele, trebuie efectuată o diagramare (printr-o așa-numită fereastră) a porțiunii separate ale acestei gradații pentru a le putea dirija spre un diagnostic mai fin. Lățimea și înălțimea ferestrei va fi aleasă de examinator.

Informațiile obținute sunt convertite în imagini care se captează pe monitor și se înregistrează pe bandă magnetică sau pe disc.

Computertomografia, în comparație cu radiografia tradițională,

permite evidențierea unor structuri a căror diferență de radio-opacitate față de țesuturile învecinate este atât de redusă încât ea nu poate fi vizibilă prin examene radiologice tradiționale. Acesta este avantajul care a revoluționat în ultimii ani radiodiagnosticul convențional făcând inutilă utilizarea în diferite investigații a substanțelor de contrast artificial.

Undele ultrasonore

Ultrasunetele (US) sunt oscilații elastice (vibrații sinusoidale) folosite în practica medicală prin ecografie (ultrasonografie) în diagnostic, prin alte dispozitive în terapie. Frecvența ultrasunetelor reprezentată de numărul cicluri/secundă se exprimă în MHz. US folosite în medicină au frecvența de 1,5 MHz. Viteza cu care ultrasunetele străbat organele este în funcție de densitatea și elasticitatea acestora fiind aproximativ de 1500 m/s în părțile moi și de aproximativ 300 m/s în țesutul osos.

Ultrasunetele se propagă în linie dreaptă într-un mediu elastic omogen și sunt reflectate ca ecouri la granița dintre organe cu densități diferite. Ultrasunetele nu se propagă în gaze, iar în oase, depuneri de calciu, se propagă în proporții de 50%.

Pentru utilizarea în scopuri medicale ultrasunetele sunt emise cu ajutorul unei sonde adecvate pentru 5–6 frecvențe standard și captate cu ajutorul unui detector care transformă energia acustică reflectată în semnale electrice ce pot fi colectate, măsurate, vizualizate (fig. 11).

Ecografia poate fi:

- unidimensională (modul A): vizualizează ecourile captate sub forma unor defecțiuni care pornesc de la o linie orizontală, numită linie de bază; oferă informații asupra permeabilității sau rezistenței organului la ultrasunete. Descoperirea omogenității de structură a regiunii examinate și permite măsurarea distanței dintre suprafețele organelor. Este indicată în afecțiuni cardiovasculare;

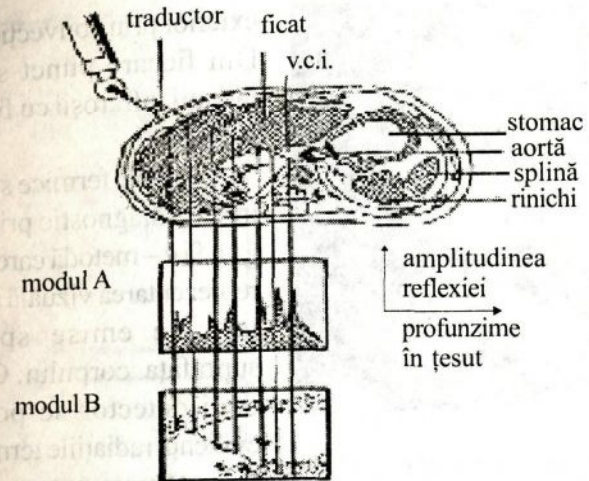


Fig. 11. Ecografie.

- bidimensională (modul B): ecourile transpuse electronic apar ca spoturi luminoase de-a lungul liniei de bază. Fiecare ecou va apărea pe ecran sub forma unui punct a cărui luminozitate va fi proporțională cu intensitatea ecoului;

- timp-mișcare (modul TM): permite analizarea mișcării organului examinat. Este utilă în studierea mișcărilor cordului. Cu ajutorul acestei metode sunt investigate, în primul rând, organele parenchimatose (ficat, splină, cord, uter, căi biliare etc.).

Radiația infraroșie

Radiația infraroșie face parte din spectrul radiațiilor electromagnetice, plasându-se după lungimea de undă imediat după lumina vizibilă. Corpul uman, ca urmare a proceselor metabolice ce au loc la nivelul tuturor țesuturilor, emite căldură și radiație infraroșie la nivelul pielii.

Din punct de vedere termodinamic, suprafața corpului – pielea – se comportă ca un ecran pe care se proiectează radiațiile infraroșii. Căldura emisă de țesuturile și organele subiacente sunt transmise la



Fig. 12. Termografie mamară.

exterior prin convecție sanguină. Din fiecare punct sunt emise radiații infraroșii cu frecvența de 3–30 μm .

Undele termice sunt folosite în scop diagnostic prin *termografie* – metodă care presupune reprezentarea vizuală a radiațiilor termice emise spontan de suprafața corpului. Cu ajutorul unui detector se pot pune în evidență radiațiile termice emise. Această reprezentare vizuală poate fi amplificată electronic,

obținându-se o hartă termografică a suprafeței explorate. Imaginea obținută poate fi înregistrată pe o peliculă fotografică polaroid (fig. 12).

Imaginea este compusă din până la 100 linii de baleiaj și are puterea optică de rezoluție de 100 elemente/linie.

Aparatul este compus din trei părți: un detector (captarea radiației infraroșii); un dispozitiv prin care semnalul optic este transformat în semnal electric; un dispozitiv care transformă semnalul electric în lumină. Aparatul se amplasează într-o încăpere în care temperatura este de 21°C.

Cu ajutorul termografiei se înregistrează modificările de temperatură pe suprafața explorată (“zonele calde”, “zonele reci”). Utilizarea termografiei este vastă, mai ales în afecțiuni dermatologice, vasculare, explorarea tumorilor părților moi etc.

Rezonanța magnetică nucleară

Rezonanța magnetică nucleară (RMN) constituie o metodă de investigație de ultimă actualitate, care se bazează pe fenomenul fizic al rotației protonilor de hidrogen (H^1) în jurul axului lor prin care se

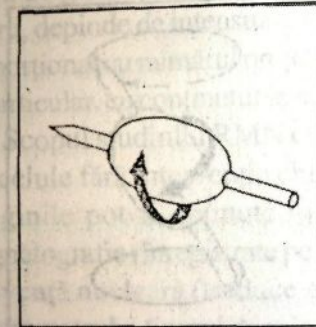
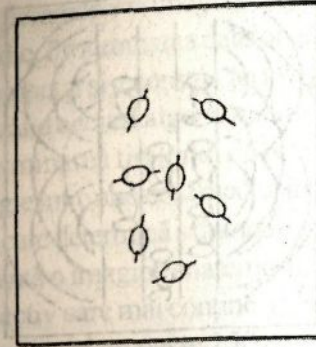


Fig. 13a. Nucleele de H^1 în stare de repaus sunt în dezordine, dispuse la întâmplare fără nici o preferință.

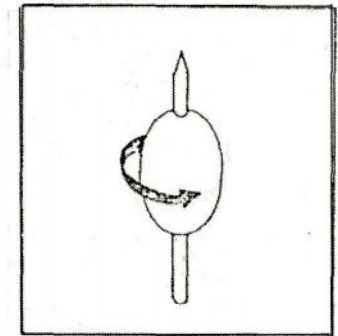
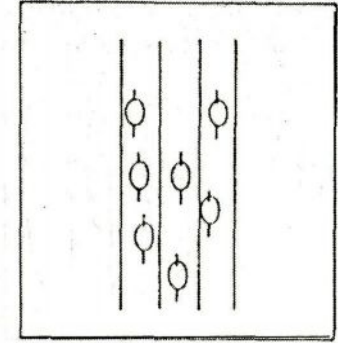


Fig. 13b. Într-un câmp magnetic puternic nucleele de H^1 se aliniază pe axele lor de-a lungul liniilor verticale.

dezvoltă un câmp magnetic propriu denumit spin. Sub spin se subînțelege momentul cinetic propriu particulelor în spațiu și poate avea valori semiîntregi sau întregi.

În stare de repaus protonii de H^1 din corpul omenesc sunt orientați haotic. Fiind supuși acțiunii unui câmp magnetic static intens (se folosesc câmpuri magnetice cu puterea medie între 0,3–0,6 și 1,5–2 T) care acționează din afara corpului, ei se orientează cu axul lor paralel sau perpendicular cu direcția câmpului magnetic (fig. 13). Sub acțiunea unui alt câmp exterior, prin intermediul unor bobine care emit un impuls scurt de radiofrecvență perpendicular pe

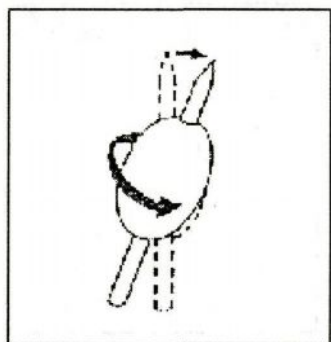
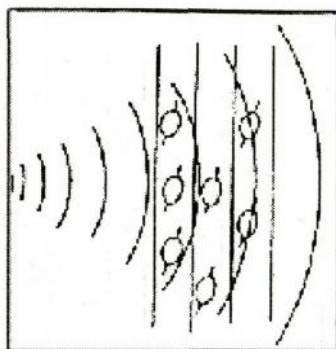


Fig. 14a. Impuls scurt de unde de frecvență radio perpendiculară pe câmpul magnetic (aplicate din exteriorul corpului omenesc).

direcția câmpului principal, protonii își pierd orientarea și alinierea și revin la poziția lor inițială de echilibru, trecând printr-o fază de tangaj, care constă dintr-o mișcare de rotație asemănătoare mișcării unui titirez, în timpul căreia emit un semnal de rezonanță ce este recepționat de niște bobine detectoare. Amplitudinea semnalului recepționat este proporțională cu numărul de nuclee de H^1 din probă (fig. 14). Protonii de H^1 care se văd mai bine sunt cei legați de apă și grăsimi. Aceste două medii dense în protoni apar albe; osul care conține numai 15% apă apare negru ca și plămânul. Fluidele, având protonii în mișcare, produc semnale foarte slabe.

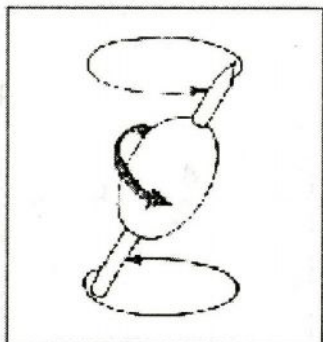
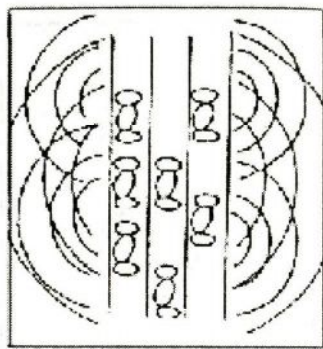


Fig. 14b. Semnalul sub formă de unde poate fi înregistrat de către bobinele receptoare.

Semnalele și imaginea sunt recepționate pe ecranul unui oscilograf catodic. Programarea datelor de tratament ale informației, a operațiilor în computer și reconstrucția imaginii se face ca și în computertomografie, utilizând aceiași algoritmi. Informații suplimentare sunt obținute prin determinarea timpului de relaxare care caracterizează transferul de energie între nuclee și mediul înconjurător și a timpului de relaxare spin-spin care determină schimbul de energie între nuclee. Aceste informații prezintă o imagine anato-tomografică a nucleelor de H^1 în organul respectiv care mai conține și date funcționale. Contrastul imaginii, pe scara de gri cu peste 250 de nuanțe între cele două extreme alb și negru, depinde de intensitatea spinului respectiv al rezonanței și este proporțional cu numărul protonilor liberi excitați din volumul studiat, în particular, cu conținutul în H_2O .

Scopul studiului RMN este explorarea la om a atomului de H^1 din celule fără intervenție chirurgicală, fără biopsie și fără raze X. Imaginile pot fi obținute în: a) magnetoscopie (pe ecran) sau magnetografie (înregistrate pe disc, bandă magnetică); b) spectrul de frecvență nucleară (traduce natura chimică a atomului explorat); c) parametrul – timpul de relaxare care permite aprecierea de mare finețe morfologică și funcțională (timp de relaxare mărit în procese oncologice).

FIZICA NUCLEARĂ

Radioactivitatea

În ultimii ani ai secolului al XIX-lea s-au făcut două mari descoperiri, care au permis să se arunce o privire în interiorul atomului și să se rezolve o serie de probleme referitoare la structura lui: au fost descoperite razele X și fenomenul radioactivității. În 1895, Roentgen, observând luminescența unei serii de substanțe sub acțiunea unui flux de electroni rapizi (razele catodice), a descoperit că în locul unde electronii cad pe substanță ia naștere o nouă formă de radiație. Curând, după descoperirea făcută de Roentgen, fizicianul francez Becquerel,