

GRAY'S  
Anatomy



# ANATOMIA LUI GRAY PENTRU STUDENȚI

Ediția a patra

**Richard L. Drake**  
**A. Wayne Vogl**  
**Adam W. M. Mitchell**

Consultanță științifică pentru ediția  
în limba română:

**Florin Mihail Filipoiu**



**Prior.**

## Despre carte

### Ideea lucrării

În ultimii 20 de ani, au survenit multe schimbări în ceea ce privește modul în care studenții învață anatomia în facultățile de medicină generală sau dentară, precum și în alte forme de învățământ afiliate, programa devenind mult mai integrată și sistematizată. Mai mult, metodele de învățământ se concentrează acum asupra activităților strâns relaționate, scopul fiind acela de a crește importanța și capacitatea învățării de tip autodidact, ca formă continuă de perfecționare de-a lungul vieții. Schimbarea programei de învățământ a fost dictată și de explozia informațională apărută la fiecare disciplină, mărinând cantitatea de materie necesară a fi învățată, fără a crește neapărat și timpul alocat acestui proces. Având în vedere toate aceste schimbări, am considerat că era timpul pentru apariția unei noi cărți care să permită studenților învățarea anatomiei în contextul atâtor schimbări educaționale.

Am început lucrul în toamna anului 2001, având prima oară în vedere diferitele metode de abordare ce urmau să fie adoptate, pentru ca ulterior să ne decidem asupra conținutului fiecărui capitol, gândit să aibă patru subcapitole. Pentru început, am dorit ca această carte să beneficieze de multiple căi de abordare, să folosească drept material introductiv în diferite domenii de specialitate și – nu în ultimul rând – să reprezinte un material adresat studenților, adițional lucrării *Anatomia lui Gray*, care este un text orientat către un public cu un înalt nivel profesional. La început am conceput textul, ca mai apoi, complementar lui, să integrăm desenele și ilustrațiile cu scopul de a explica și întări informațiile scrise. Odată terminate, schițele preliminare ale capitolelor au fost distribuite pentru analiză unui comitet internațional constituit din anatomiciști, pedagogi și studenți. Observațiile lor au fost atent studiate în vederea concepției formei finale a cărții.

Conținutul a fost gândit de la început a nu fi unul exhaustiv în ceea ce privește aria de acoperire, fiind necesar ca el să ofere studenților acea cantitate de informații esențiale construirii unui context structural și funcțional, urmând ca detaliile să se adauge ulterior de-a lungul întregii lor cariere. *Anatomia lui Gray* a reprezentat un punct de reper în conceperea lucrării de față, atât în ceea ce privește textul, cât și ilustrațiile, aceasta fiind totodată și sursa detaliilor de finețe care vin în completare.

### Cartea

*Anatomia lui Gray pentru studenți* reprezintă o carte de anatomia omului, având orientare clinică, care se adresează studenților. Ea a fost concepută, în primul rând, pentru studenții din diferite arii de învățământ (medicină generală, dentară, dar și alte specialități). Lucrarea este folositoare acestora atât în sistemul tradițional de învățământ, dar este, mai ales, o completare adusă cursurilor și lucrărilor practice.

### STRUCTURA

Odată ce cititorul s-a acomodat cu materia, *Anatomia lui Gray pentru studenți* analizează corpul omenesc într-o ordine logică, insistând asupra complexității organelor și folosind o abordare pe regiuni. Fiecare capitol poate fi tratat independent, ordinea în care acestea se studiază neafectând calitatea actului educațional. Succesul aleasă pentru studiul anatomiei începe cu spatele, apoi urmează toracele, abdomenul, pelvisul și perineul, membrul superior, membrul inferior, capul și gâtul.

Am început cu „Corpul” care conține o imagine de ansamblu a disciplinei anatomiei, precum și o introducere în modalitățile imagistice și în sistemele generale ale corpului. Am continuat cu studierea regiunii spatelui deoarece aceasta reprezintă, de cele mai multe ori, prima zonă avută în vedere în cursul disecției. Urmează capitolul ce studiază toracele, datorită poziției sale centrale și a conținutului său (inima și vasele mari, plămânii). Totodată, în acest capitol se studiază și cavitățile. Abdomenul, pelvisul și perineul urmează într-o ordine logică studiului toracelui. Continuând, următorul capitol tratează membrul inferior, urmat de capitolul dedicat membrului superior. Ultima regiune avută în discuție a fost reprezentată de cap și gât. Materia acestui capitol este una dintre cele mai grele din anatomie, studiul celorlalte părți oferind însă studentului o bază solidă în încercarea de a înțelege această regiune complexă.

### CONȚINUT

Fiecare capitol a fost împărțit în patru secțiuni diferite: prezentare generală, anatomie regională, anatomie pe viu și cazuri clinice.

Prezentarea generală a materiei fiecărui capitol oferă baza informațională, necesară studiului secțiunilor următoare. Această parte poate fi urmărită separat, în special de către studenții ce doresc un nivel minim de înțelegere a

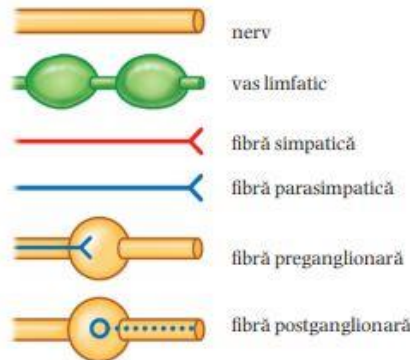
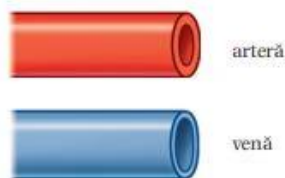
anatomiei, dar poate reprezenta și o recapitulare utilă a conceptelor de bază.

Secțiunea ce se ocupă cu studiul anatomiei pe regiuni ne oferă detaliile necesare înțelegerii acestora, imaginea fiind întregită de o multitudine de corelații clinice relevante. Abordarea nu este una exhaustivă, dar prezintă, în schimb, informațiile la un nivel pe care noi îl considerăm necesar în înțelegerea structurii unei regiuni. Această secțiune conține două tipuri de materiale clinice. Indiciile clinice sunt integrate în textul anatomic și au menirea de a lega discuția anatomică de aplicația ei clinică imediată, fără a scoate studenții din ritm sau a întrerupe cursivitatea textului. Aceste pasaje, deși complet integrate textului anatomic, au fost scoase în evidență prin colorarea lor în verde. Secțiunea „Noțiuni clinice”, un rezumat concis de aplicații clinice, oferă studenților o demonstrație a valorii și a utilității anatomiei în rezolvarea situațiilor practice. Aceste pasaje se găsesc de-a lungul lucrării, acolo unde discuția anatomică este mai relevantă.

Anatomia pe viu ajută studenții în înțelegerea relației dintre structurile anatomice și proiecțiile lor la suprafață. Această secțiune demonstrează, de asemenea, aplicabilitatea clinică a anatomiei, prin corelarea inspecției vizuale cu aprecierile funcționale, așa cum se întâmplă în timpul examinării unui pacient.

La finalul fiecărui capitol vom găsi cazurile clinice. Acestea constituie cea de-a treia treaptă în prezentarea materialului clinic. Fiecare caz va fi prezentat pas cu pas, iar prin întrebări și răspunsuri vom oferi cititorului cheia rezolvării cazului.

Ilustrațiile sunt o parte integrantă a textului anatomic. Ele trebuie să prezinte cititorului proiecția vizuală care să dea viață textului, oferind totodată multiple unghiuri de abordare care să faciliteze înțelegerea și însușirea cunoștințelor de anatomie. Credem că desenele incluse îndeplinesc toate aceste cerințe. Ilustrațiile sunt originale și revelatoare, multe dintre ele fiind unice ca mod de abordare. Ele au fost gândite și realizate să completeze textul scris, să prezinte anatomia dintr-o altă perspectivă și să răspundă unor întrebări legate de unele aspecte teoretice dificile, constituind astfel un punct de plecare în construirea unei baze teoretice solide. Pentru a fi siguri că ilustrațiile din carte se corelează și asigură totodată o continuitate în modul în care ele au fost realizate, am utilizat culori standard de-a lungul întregii cărți, excepțiile fiind anunțate.



Poziționarea și dimensiunile fiecărui desen au reprezentat unul dintre parametrii luați în considerare în economia generală a cărții.

Imaginile clinice, prezente în număr generos în întreaga lucrare, sunt considerate, de asemenea, de o înaltă importanță în studiul anatomiei. Exemplificarea cu imagini reale de o calitate excepțională, incluzând imagini CT, IRM, PET-CT și ecografii, precum și radiografii, oferă studenților șansa de a vizualiza anatomia in vivo și, prin aceasta, de a o înțelege mai bine.

### Ce nu conține cartea

*Anatomia lui Gray pentru studenți* și-a îndreptat atenția spre studiul global al anatomiei. În timp ce programe de învățământ din întreaga lume au în vedere studiul anatomiei într-un cadru complex, incluzând noțiuni de fiziologie, histologie și embriologie, noi ne-am concentrat în lucrarea noastră numai pe anatomie și pe aplicațiile ei clinice imediate. Exceptând câteva referiri la embriologie acolo unde era strict necesar, nu vom găsi informații din alte discipline. Am considerat că există numeroase lucrări de excepție care tratează aceste arii de discuție, astfel încât încercarea de a acoperi totul într-o singură lucrare ar fi aruncat o umbră de îndoială asupra calității și utilității ei, fără să mai vorbim de volumul impresionant de pagini la care s-ar fi ajuns!

### Terminologia

În orice text de anatomie sau atlas, terminologia reprezintă un capitol important. În 1989 a fost înființat Comitetul Federativ al Terminologiei Anatomice (FCAT), care a fost însărcinat cu stabilirea unei terminologii oficiale în anatomie. *Terminologia Anatomica* (ediția a doua, Thieme, Stuttgart/New York, 2011) a fost publicată de către acest grup, în colaborare cu cei 56 de membri asociați ai Federației Internaționale a Asociațiilor Anatomistilor (IFAA). Am găsit de cuviință

# 7

## Corpul uman

### **Ce este anatomia? 2**

- Cum poate fi studiată anatomia? 2
- Termeni importanți în anatomie 2

### **Imagistica 5**

- Tehnici de diagnostic 5
- Imagistica medicală nucleară 8
- Interpretarea imaginilor 10**
  - Radiografia convențională 10
  - Tomografia computerizată 11
  - Imagistica prin rezonanță magnetică 11
  - Imagistica medicală și medicina nucleară 11
- Siguranța în imagistica medicală 11

### **Sistemele corpului 12**

- Sistemul osos (scheletul) 12**
  - Cartilajul 12
  - Osul 13
  - Articulațiile 17
- Pielea și fasciile 23**
  - Pielea 23
  - Fasciile 23
- Sistemul muscular 23**
- Sistemul cardiovascular 25**
- Sistemul limfatic 27**
  - Vasele limfatice 27
  - Ganglionii limfatici 28
  - Trunchiurile și ductele limfatice 28
- Sistemul nervos 29**
  - Sistemul nervos central 29
  - Subdiviziuni funcționale ale SNC 30
- Alte aparate și sisteme 46**

### **Cazuri clinice 48**

---



### Ce este anatomia?

Anatomia se ocupă cu studiul structurilor ce pot fi observate cu ochiul liber (fără a fi mărite), dar și microscopic (care au fost mărite). Clasic, folosit ca atare, termenul de anatomie se referă la anatomia macroscopică – reprezentând studiul structurilor ce pot fi descrise fără ajutorul unui microscop. Anatomia microscopică, numită și histologie, studiază celule și țesuturi, folosind pentru aceasta un microscop.

Anatomia pune bazele practicii în medicină. Anatomia îndrumă pașii oricărui medic spre înțelegerea patologiei pacientului, indiferent dacă acesta este supus unui simplu examen obiectiv sau unei investigații imagistice de ultimă oră. Anatomia este la fel de importantă și pentru medicii stomatologi, kinezoterapeuți sau pentru oricare alții implicați în procesul medical, de la interpretarea semnelor clinice până la tratarea pacienților. Abilitatea de a interpreta corect o observație clinică reprezintă încununarea eforturilor de a înțelege anatomia.

Observarea și vizualizarea reprezintă primele tehnici pe care un student ar trebui să le folosească în procesul de învățare a anatomiei. Anatomia este mult mai mult decât o memorare a unor liste cu termeni. Deși limbajul anatomic constituie un capitol foarte important, cunoștințele necesare recunoașterii și descrierii unei structuri depășesc granițele unei simple memorizări. Cunoașterea numelor diferitelor ramuri ale arterei carotide externe nu implică neapărat și capacitatea de a recunoaște și a descrie traiectul arterei linguale, de la originea sa, în regiunea gâtului, până la locul unde se termină, în regiunea limbii. Utilizând aceeași logică, înțelegerea alcătuirii palatului moale, a modului în care acesta relaționează cu cavitatea orală și nazală și felul în care se comportă în procesul de deglutiție, nu este sinonimă cu posibilitatea de a recita numele mușchilor și nervilor aferenți lui. În fapt, înțelegerea anatomiei necesită mai întâi înțelegerea contextului în care termenii folosiți pot fi memorați.

#### Cum poate fi studiată anatomia?

Termenul de „anatomie” derivă din limba greacă, *temnein* însemnând „a tăia”. În mod evident, studiul anatomiei are la bază disecția cadavrelor, deși actualmente ea este completată, uneori chiar înlocuită, cu piese anatomice deja pregătite, modele din plastic sau de metode ce utilizează tehnica computerizată.

Anatomia poate fi abordată atât din punct de vedere regional, cât și din punctul de vedere al sistemelor și al aparatelor.

- **Metoda studiului pe regiuni**, tratează fiecare regiune a corpului separat, având în vedere toate aspectele

anatomice importante. Ca și exemplu, studiul toracelui implică trecerea în revistă a tuturor structurilor acestuia, ce includ componenta osoasă și musculară, vase și nervi, precum și toate celelalte structuri și organe ce se află în această regiune a corpului, definită ca torace. Urmează studiul celorlalte regiuni (abdomenul, pelvisul, membrul superior și inferior, spatele, capul și gâtul) care vor fi tratate în mod asemănător.

- **Metoda studiului pe aparate și sisteme**, contrastând cu metoda precedentă, abordează fiecare sistem în parte. De exemplu, o privire completă asupra sistemului cardiovascular implică studiul inimii și al tuturor vaselor de sânge din organism. Același principiu se va aplica până ce discuția privind toate celelalte aparate și sisteme, incluzând aici sistemul nervos, osos, muscular, gastrointestinal, respirator, limfatic și reproducător, se va fi epuizat.

Ambele metode au atât avantaje, cât și dezavantaje. Abordarea regională este îndeosebi benefică dacă teoria este însoțită de practica disecției pe cadavru, dezavantajul fiind însă dificultatea înțelegerii continuității fiecărui sistem sau aparat în parte. Similar, metoda abordării pe aparate și sisteme facilitează formarea unei imagini de ansamblu asupra unui sistem, dar nu oferă detaliul necesar disecției pe cadavru.

#### Termeni importanți în anatomie

##### Poziția anatomică

Poziția anatomică reprezintă poziția de referință a corpului utilizată în localizarea și descrierea diferitelor raporturi ale organelor (Fig. 1.1). Un subiect în poziție anatomică este acela aflat în ortostatism, cu picioarele apropiate, mâinile pe lângă corp și privirea spre înainte. Gura este închisă, iar expresia feței este una neutră. Pomeții obrazilor sunt situați în același plan cu meatul auditiv extern, iar ochii sunt deschiși, privind un obiect la distanță. Palmele privesc spre înainte, cu degetele împreunate și cu policele la 90°. Degetele de la picioare sunt îndreptate spre înainte.

##### Planuri în anatomie

Trei tipuri mari de planuri străbat corpul aflat în poziție anatomică (Fig. 1.1).

- **Planurile frontale** sunt determinate de axul vertical (sau longitudinal) și împart corpul într-o parte anterioară și alta posterioară.
- **Planurile sagitale** cuprind, de asemenea, axul vertical,



## Corpul uman

dar sunt perpendiculare pe planurile frontale și împart corpul într-o parte dreaptă și alta stângă. Planul care divide corpul în două părți egale, dreaptă și stângă, trecând prin mijlocul corpului, poartă numele de **plan medio-sagital** (sau al simetriei bilaterale).

- **Planurile transverse (orizontale sau axiale)** împart corpul într-o parte superioară și una inferioară.

### Termeni de direcție și de poziție

**Anterior (ventral) și posterior (dorsal), medial și lateral, superior și inferior**

Trei grupuri majore de termeni sunt utilizate pentru a localiza diferitele structuri în relație cu altele sau raportate la întregul organism (Fig. 1.1).

- **Anterior (sau ventral) și posterior (sau dorsal)** descriu poziția unei structuri raportată la „fața” sau „spatele” corpului. De exemplu, nasul este situat anterior față de coloana vertebrală care este o structură situată posterior. Totodată, nasul este anterior în raport cu urechile, iar coloana vertebrală se află posterior de stern.
- **Medial și lateral** redau poziția unei structuri în relație cu planul medio-sagital. Exemplificând, policele se află lateral de auricular. Nasul se află în plan medio-sagital și medial de ochi, care la rândul lor sunt situați medial de urechi.
- **Superior și inferior** descriu poziția unei structuri de-a lungul axului longitudinal. De exemplu, capul se află superior de umeri și genunchiul inferior de articulația soldului.

### Proximal și distal, cranial și caudal, rostral

În descrierea unei poziții, au fost utilizați alți termeni, cum ar fi proximal și distal, cranial și caudal, precum și rostral.

- **Proximal și distal** sunt termenii care definesc apropierea sau depărtarea față de originea unei structuri, fiind utilizați în mod special la membre. De exemplu, mâna este situată distal de articulația cotului, pe când articulația glenohumerală se află proximal de articulația cotului. Acești termeni sunt folosiți însă și pentru a descrie poziția unei ramuri în raport cu axul principal, precum cel al unei căi respiratorii, al unui vas sau al unui nerv. Astfel, ramurile distale își au originea mai departe, spre capătul axului, pe când ramurile proximale apar aproape de originea axului principal.
- **Cranial (spre cap) și caudal (spre coadă)** sunt termeni folosiți uneori în locul celor de superior și, respectiv, inferior.
- **Rostral** definește poziția unei structuri, în special a sistemului nervos central, în relație cu cea a nasului. Spre exemplu, lobul frontal se află rostral de cerebel.

### Superficial și profund

Alți doi termeni folosiți pentru a descrie localizarea structurilor corpului sunt cei de **superficial și profund**. Aceștia descriu poziția a două structuri în raport cu suprafața corpului. Spre exemplu, sternul este superficial situat față de inimă, iar stomacul este profund față de peretele abdominal.

Termenii de „superficial” și „profund” pot fi, de asemenea, folosiți într-o manieră absolută pentru a defini două regiuni majore ale corpului. Regiunea superficială a corpului se află la exterior de stratul extern al fasciei profunde. Structurile profunde sunt delimitate de acest strat. Structurile regiunii superficiale ale corpului includ pielea, fascia superficială și glandele mamare. Cele profunde includ, în mare parte, mușchii scheletului și organele. Rănile superficiale se află la exterior de stratul extern al fasciei profunde, în timp ce rănile profunde penetrează prin aceasta.

## Imagistica

### Tehnici de diagnostic

În anul 1895, Wilhelm Roentgen a utilizat pentru întâia oară razele X, folosindu-se de un tub catodic, pentru a realiza o radiografie a mâinii soției sale. În ultimii 30 de ani însă, tehnicile imagistice au fost revoluționate, în principal de inovațiile din domeniul computerelor.

#### Radiografia

Razele X sunt fascicule de fotoni (radiație electromagnetică ionizantă) care sunt generate de un tub catodic (radiogen; Fig 1.2). Radiația X este focalizată (prin direcționarea printr-un sistem de plăci ce împiedică devierea fasciculului de fotoni) către o anumită regiune anatomică a pacientului vizată de examinator. La trecerea razelor X prin organism, interacțiunea cu țesuturile face ca radiația să fie atenuată (reducerea intensității fasciculului datorată trecerii lui printr-un corp material). Doar radiația care străbate corpul fără a fi absorbită, va impresiona filmul fotografic.

Modul de interacțiune între radiația X și diferitele structuri ale organismului:

- aerul atenuază foarte puțin radiația;
- grăsimea atenuază radiația mai mult decât aerul, dar mai puțin decât apa
- oasele absorb în cea mai mare măsură razele X.

Modul în care diferitele țesuturi ale organismului absorb radiația va genera diferențe în nivelul de expunere a substanței fotografice. Astfel, la dezvoltarea filmului radiologic, oasele vor apărea de culoare deschisă (albă) deoarece această regiune de pe film a fost cel mai puțin expusă radiației X. Aerul formează o imagine de culoare închisă (neagră), regiunea corespunzătoare de pe film fiind expusă celei mai mari cantități de raze X.

Modificările aduse metodei clasice au permis obținerea de imagini în timp real prin utilizarea unui ecran fluoroscopic, permițând astfel studiul dinamicii organismului examinat și dând naștere unor tehnici de investigație, precum radioscopia cu bariu, angiografia sau fluoroscopia (Fig. 1.3).

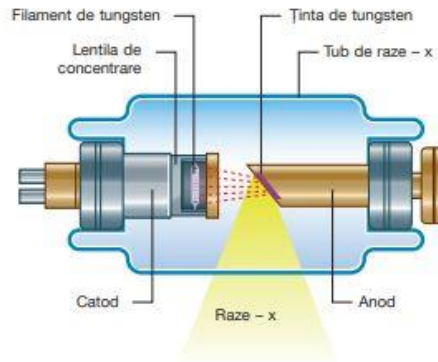


Fig. 1.2 Tub catodic pentru producerea razelor X.



Fig. 1.3 Unitate de fluoroscopie.



## Corpul uman

### Substanțele de contrast

Uneori, pentru a evidenția mai bine anumite structuri anatomice, cum sunt ansele intestinale sau arterele, este necesar să se utilizeze unele substanțe care să „umple” aceste structuri și să atenueze radiația X mai mult decât o făceau țesuturile în mod normal. Este totuși foarte important ca aceste substanțe, numite de contrast, să nu fie toxice. Sulfatul de bariu este utilizat ca substanță de contrast, fiind o sare insolubilă nontoxică, cu o densitate relativ mare, utilă – în special – în explorările tubului digestiv. Prin ingestia **suspensiei de sulfat de bariu**, un agent opac la radiația Roentgen, se urmărește evidențierea lumenului intestinal (Fig. 1.4). O tehnică uzuală este aceea de a adăuga aer suspensiei de bariu, fie prin utilizarea unor tablete efervescente, fie direct prin instilarea de aer în tubul digestiv, cum se întâmplă în clisma cu bariu. Acesta este așa-numitul examen în dublu contrast (aer / bariu).

În unele cazuri, este necesară injectarea substanțelor de contrast intravenos sau intraarterial, iar cele mai folosite sunt substanțele iodate. A fost ales **iodul** deoarece are o masă atomică relativ mare, cu rol în atenuarea radiației X, dar mai important este faptul că iodul este excretat în mod natural de aparatul urinar. Substanțele de contrast intraarteriale și intravenoase sunt extrem de sigure și ușor tolerate de pacient. Foarte rar unii pacienți au prezentat

o reacție de tip anafilactic, de aceea folosirea acestor substanțe trebuie făcută cu precauție. Utilizarea substanțelor de contrast intraarteriale și intravenoase se face în scopul examinării arterelor sau venelor, dar, prin faptul că ele sunt excretate de aparatul urinar, prezintă o mare importanță în vizualizarea și examinarea rinichilor, a ureterelor și a vezicii urinare, examenul fiind cunoscut ca **urografie intravenoasă**.

### Angiografia de substrație

În cursul angiografiei este de multe ori dificil de apreciat substanța de contrast în vasul de sânge, prin prisma structurilor ce se interpun. Pentru a trece peste aceste neajunsuri a fost dezvoltată tehnica angiografiei de substrație. Ea constă în obținerea unor imagini premergătoare injectării substanței de contrast. Aceste imagini vor fi inversate (fiecare culoare fiind înlocuită cu cea complementară, în același mod în care se obține negativul unei fotografii). Apoi se va injecta substanța de contrast, după care o altă serie de imagini vor fi făcute. Prin suprapunerea imaginii negative de contrast cu cea obținută prin folosirea substanței de contrast, se va produce imaginea finală, în care structuri precum oasele sau țesuturile moi au fost înlăturate. Înainte de era digitală această tehnică era greu de pus în practică, dar acum folosirea computerelor a făcut ca această tehnică să fie una uzuală (Fig. 1.5).



6

Fig. 1.4 Tranzit intestinal cu sulfat de bariu.

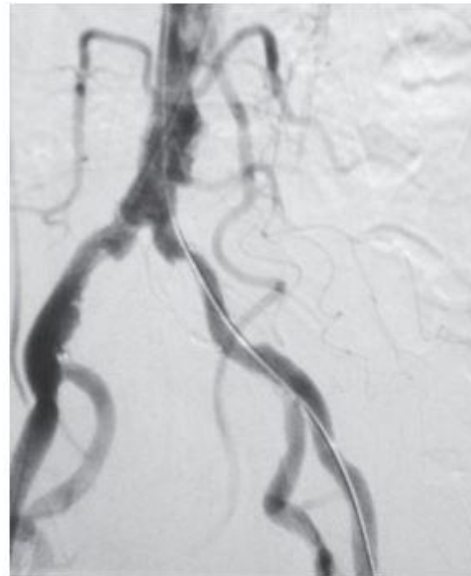


Fig. 1.5 Angiogramă digitală cu substrație.



### Ecografia

Ecografia este una dintre cele mai uzuale tehnici de investigație imagistică, fiind folosită în toate domeniile medicale.

Ultrasunetele sunt unde sonore de înaltă frecvență (nu sunt radiații electromagnetice), generate de materialele piezoelectrice. Important, materialele piezoelectrice pot, de asemenea, primi undele sonore ce se reflectă de la organele interne. Apoi aceste unde care se întorc sunt interpretate și procesate de un computer, care ulterior va produce imagini în timp real a structurilor vizate.

Dezvoltarea tehnologiei în domeniul ecografiei, în ceea ce privește aparatura și gama de frecvențe utilizate, a permis investigarea mai multor regiuni considerate, altă dată, inaccesibile.

Ecografia clasică este utilizată, în special, în examinarea regiunii abdominale (Fig. 1.6) și a fătului la femeia gravidă. Examenul ecografic este util, de asemenea, în investigarea ochiului, a regiunii gâtului, a părților moi sau a sistemului muscular. Sonde ecografice au fost plasate în interiorul unor endoscoape astfel încât, prin așa-numita ecografie endoscopică (endoluminală), examenul aparatului digestiv (esofag, stomac și duoden) a devenit unul de rutină. Ecografia endocavitară a devenit o metodă de investigație uzuală în examinarea tractului genital la femei, calea de acces fiind cea vaginală sau rectală. La bărbat, ecografia transrectală reprezintă tehnica investigativă de elecție în diagnosticarea hipertrofiei sau a cancerului de prostată.



Fig. 1.6 Examenul ecografic al abdomenului.

### Ecografia Doppler (Doppler sonografia)

Ecografia Doppler a vaselor de sânge permite măsurarea fluxului, a direcției și vitezei de curgere a sângelui, cu ajutorul ultrasunetelor, măsurare bazată pe efectul Doppler (descriș în anul 1842 de Christian Doppler). Diferența între frecvența undei reflectate și cea inițială (semnal Doppler) determină dacă și cu ce viteză un obiect se îndepărtează sau se apropie de sursa de emisie. Astfel pot fi obținute măsurători de precizie în ceea ce privește fluxul și viteza de curgere a sângelui, care la rândul lor sunt indicatori importanți în diagnosticarea stării de sănătate a vaselor de sânge.

### Tomografia computerizată

Tomografia computerizată (CT) a fost inventată în anii '70 de Sir Godfrey Hounsfield, laureat al Premiului Nobel în domeniul medicinei în 1979. De la acea inspirată descoperire, tehnologia în domeniul tomografiei computerizate a evoluat foarte mult. Principiul de funcționare, pe scurt, constă în obținerea unor serii de imagini ale corpului (secțiuni) în plan transversal.

Pacientul va fi așezat pe un pat, iar un tub catodic cu raze X va obține imagini deplasându-se în jurul pacientului (Fig. 1.7). Imaginea finală reprezintă însă rezultatul unor calcule matematice pe care computerul le realizează utilizând multitudinea de imagini obținute (Fig. 1.8).

### Imagistica prin rezonanță magnetică – IRM

Această metodă imagistică de investigație și diagnostic a fost prima dată descriș în 1946 și a fost utilizată în studii complexe moleculare.



Fig. 1.7 Scanner-ul computer tomograf.



## Corpul uman

Modul prin care o se obține o imagine utilizând rezonanța magnetică (IRM) implică protonii liberi din nucleul de hidrogen din moleculele de apă ( $H_2O$ ). Deoarece apa este prezentă în aproape toate țesuturile, este ideală utilizarea protonului de hidrogen. Acesta trebuie imaginat funcționând asemenea unui mic magnet, ocupând o poziție aleatorie în spațiu. Pacientul este plasat într-un câmp magnetic puternic care, practic, va alinia toți acești mici magneti, atomii de hidrogen, pe aceeași direcție. Se vor aplica apoi unde de radiofrecvență (RF) care vor trece prin corpul pacientului și vor „roti” protonii de hidrogen. În momentul în care aceștia se vor realinia în câmpul magnetic, vor emite un semnal radio subtil ce va fi înregistrat de un receptor. De fapt, intensitatea și frecvența semnalului emis, precum și perioada de timp în care protonii se reîntorc la starea de preexcitație, de dinaintea emiterii undelor de radiofrecvență, reprezintă parametrii semnalului înregistrat. De la receptor, informațiile ajung la un computer care le va procesa și le va transpune în imagini (Fig. 1.9).

Prin utilizarea unor secvențe diferite de unde excitatoare de radiofrecvență asupra protonilor, se pot evalua diferitele proprietăți ale acestora, densitatea protonilor și timpii de relaxare – T1 și T2 (ce depind de starea apei în țesuturi, liberă sau legată). Utilizarea acestor proprietăți va duce la obținerea așa-numitelor imagini de încărcare. Prin alternarea diferitelor unde de RF și a parametrilor investigației, pot fi obținute imagini de tipul T1 (Fig. 1.10A) sau T2 (Fig. 1.10B). Cele două tipuri de imagini diferă prin contrast, fapt ce accentuează și optimizează diferențierea între țesuturi.

Din punct de vedere clinic:

- majoritatea imaginilor de încărcare T1 evidențiază fluidele în nuanțe întunecate, în timp ce grăsimea apare în culori deschise – de exemplu, la nivelul creierului lichidul cefalorahidian (LCR) apare întunecat.
- imaginile de încărcare T2 arată lichidele în nuanțe deschise, iar grăsimea în nuanțe intermediare – spre exemplu, LCR-ul apare colorat deschis la nivelul creierului.

Examinarea IRM este utilă și în investigarea fluxului prin vasele de sânge, producând în acest scop angiograme complexe ale circulației sanguine periferice și cerebrale.

### Imagistica ponderată pentru difuzie

Imagistica ponderată pentru difuzie furnizează informații despre gradul de mișcare Browniană a moleculelor de apă din diverse țesuturi. Există difuzie relativ liberă în spațiile extracelulare și difuzie mai restricționată în spațiile intracelulare. În tumori și în țesuturile care au suferit un infarct, există o creștere a moleculelor de apă în fluidul intracelular



Fig. 1.8 Secțiune tomografică abdominală la nivelul L1.

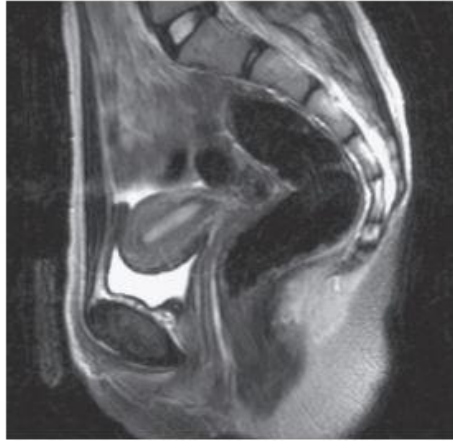


Fig. 1.9 Imagine de încărcare T2, în plan sagital, a viscerelor pelvine la femeie.

în comparație cu mediul fluid extracelular, ce rezultă per total într-o creștere a restricției de difuzie și astfel se diferențiază țesutul anormal de cel normal.

### Imagistica medicală nucleară

Medicina nucleară implică folosirea radiației gama, care reprezintă un alt tip de radiație electromagnetică (de frecvență foarte înaltă). Diferența majoră între radiația gama și radiația X constă în faptul că radiația gama este produsă din interiorul nucleului unui atom, în dezintegrările radioactive, pe când razele X iau naștere la bombardarea unui atom cu electroni.



## Corpul uman

Unul dintre cei mai utilizați izotopi radioactivi este reprezentat de fluorodeoxiglucoză (FDG), marcată radioactiv cu fluorin-18 (sursă de pozitroni). Țesuturile care metabolizează activ glucoza vor capta și acumula acest compus. Regiunile în care există o captare crescută a radiofarmaceuticului corespund, deci, zonelor cu metabolism glicidic ridicat

PET a devenit una dintre cele mai importante metode de diagnostic al cancerului și, de asemenea, un instrument util în urmărirea evoluției tumorii sub tratament.

### Tomografia computerizată prin emisie de fotoni individuali

Tomografia computerizată prin emisie de fotoni individuali (engl. SPECT) este o modalitate imagistică de detectare a radiațiilor gama emise prin dezintegrarea radionuclizilor injectați, cum sunt tehneciu-99m, Iod-123 sau Iod-131. Radiațiile sunt detectate de o cameră care se rotește la 360 grade și permite construcția de imagini 3D. SPECT se poate utiliza pentru diagnosticarea unei game largi de afecțiuni precum bolile arterelor coronare sau fracturile osoase.

## INTERPRETAREA IMAGINILOR

Radiografia imagistică medicală a devenit o specialitate necesară în toate clinicile, în diagnosticarea tuturor modificărilor patologice ale țesuturilor și organelor. Capacitatea de a diferenția anormalul de normal este una de maximă importanță. Pentru obținerea unui diagnostic radiologic corect trebuie avută în vedere o cunoaștere a modului de achiziție a unei imagini, a variațiilor normale și, nu în ultimul rând, a considerațiilor de ordin tehnic. Bineînțeles, fără o cunoaștere temeinică a anatomiei regiunii vizate, este imposibilă o discuție despre ce este sau nu anormal în imagine.

### Radiografia convențională

Radiografia reprezintă, fără dubiu, cea mai utilizată metodă de explorare din practica medicală. Înainte de interpretarea imaginilor, trebuie cunoscute însă detaliile tehnice prin care acestea se obțin.

În cele mai multe dintre cazuri (exceptând radiografia toracică) tubul radiogen este situat la o distanță de aproximativ 1 m de filmul radiologic. Regiunea vizată, spre exemplu o mână sau un picior, va fi amplasată între tub și film. În descrierea plasării subiectului pentru radiografie, partea cea mai apropiată de tubul de raze x este denumită prima și cea mai apropiată de film este numită a doua. De exemplu, când se poziționează un pacient pentru o radiografie anteroposterioară (AP), partea anterioară a corpului este plasată mai aproape de tub, iar partea posterioară de film.

La interpretarea unei radiografii, partea dreaptă a pacientului se va situa în stânga examinatorului, astfel încât acesta va privi pacientul aflat în poziție anatomică.

### Radiografia toracică cardio-pulmonară

Radiografia toracică este cea mai uzuală metodă de examinare dintre cele ale radiologiei convenționale. Imaginea este realizată cu pacientul în ortostatism și plasat anteroposterior (radiografie toraco-pulmonară anteroposterioară AP).

Uneori, când pacientul se află în imposibilitatea de a sta în ortostatism, radiografia se obține cu pacientul așezat pe un pat, în clinostatism, de asemenea în incidență anteroposterioară (AP). Această tehnică este mai puțin standardizată, iar interpretarea trebuie făcută cu prudență.

Calitatea filmului și a imaginii obținute are un rol foarte important în radiografia convențională. Kit-ul de marcaj dreapta-stânga pe filmul radiologic trebuie introdus pe partea corespunzătoare (uneori pacienții au dextrocardie, care poate fi interpretată greșit în cazul în care marcajul pe film este plasat necorespunzător). O radiografie toracică de calitate trebuie să evidențieze plămânii, conturul cardiomediastinal, diafragma, coastele și țesuturile moi din periferie.

### Radiografia abdominală

Radiografiile abdominale simple (fără pregătire sau pe gol) sunt obținute în poziția culcat pe spate – AP. Când se suspectează însă o ocluzie a intestinului subțire, se recurge la radiografia în ortostatism.

### Examenul baritat al tractului gastrointestinal

O substanță de contrast cu densitate înaltă este ingerată în vederea opacifierii esofagului, stomacului, intestinului subțire și a intestinului gros. Așa cum s-a descris anterior (p. 6) în studiul cu dublu contrast, intestinul este insuflat cu aer (sau dioxid de carbon). În multe țări, endoscopia a surclasat examenul radiologic al tractului digestiv superior, dar metoda de elecție în investigația intestinului gros a rămas clisma baritată cu dublu contrast.

### Studii de contrast în urologie

Urografia intravenoasă este investigația standard pentru evaluarea tractului urinar. Se injectează o substanță de contrast, iar imaginile sunt obținute pe măsură ce mediul de contrast este excretat prin rinichi. O serie de imagini sunt obținute în perioada imediat după injectare până la aproximativ 20 de minute mai târziu, când vezica este plină de mediul de contrast.

Această serie de radiografii permite vizualizarea rinichilor, a ureterelor și a vezicii și ajută la evaluarea spațiului retroperitoneal și a altor structuri care pot apăsa pe tractul urinar.

### Tomografia computerizată

Termenul de tomografie computerizată este preferat, mai degrabă decât cel de computer tomografie, deși ambii termeni sunt folosiți alternativ de către medici.

Este important ca studentul să înțeleagă modul în care sunt prezentate imaginile. Majoritatea sunt realizate în plan transversal, examinatorul privind de jos în sus, spre cap (de la baza picioarelor). În consecință:

- partea dreaptă a pacientului este de partea stângă a imaginii
- marginea de sus a imaginii este cea anterioară.

Multora dintre pacienți li se administrează substanțe de contrast, orale sau intravenoase, pentru a diferenția ansele intestinale de alte organe abdominale și pentru a evalua vascularizația structurilor anatomice normale. Când se utilizează substanțe de contrast intravenoase, obținerea imaginilor cât mai devreme crește acuratețea evaluării arteriale. Când se prelungeste intervalul între administrarea agentului de contrast și achiziția imaginilor, se obține o evaluare a fazelor venoase, precum și a etapei de echilibru.

Marele avantaj al scanării CT este posibilitatea de a accentua sau de a atenua nuanțele de gri ale imaginilor, astfel încât se pot vizualiza oasele, țesuturile moi și organele. Modificarea setărilor, precum și a centrării imaginii pot oferi medicului informații specifice în plus despre aceste structuri.

### Imagistica prin rezonanță magnetică

Nu există nici o îndoială că examinarea IRM a revoluționat modul de a privi și înțelege creierul și structurile ce îl învelesc. Mai mult, aceasta a modificat în mod semnificativ practica medicală musculo-scheletică și chirurgia. Imaginile pot fi obținute în multiple planuri și secvențe. De obicei, imaginile sunt vizualizate urmând aceleași principii ca și CT. Substanțele de contrast intravenoase sunt, de asemenea, folosite pentru a crește nivelul de contrast al țesuturilor vizate. De obicei, agenții de contrast IRM conțin substanțe paramagnetice (de exemplu, gadolinu și mangan).

### Imagistica medicală și medicina nucleară

Cele mai multe imagini achiziționate utilizând această tehnică reprezintă studii funcționale. Imaginile sunt, de obicei, interpretate în mod direct de la un computer, obținându-se apoi o serie de filme, utilizate în clinică.

### SIGURANȚA ÎN IMAGISTICA MEDICALĂ

Ori de câte ori un pacient este supus unei investigații de tipul roentgen sau medicină nucleară, acesta va fi supus unei doze de radiații (Tabelul 1.1). Ca principiu general, este de așteptat ca doza de radiații primită pentru a obține o imagine utilă în diagnostic să fie la un nivel cât mai scăzut. Numeroase legi reglementează cantitatea de radiații la care un pacient poate fi supus în cursul diferitelor proceduri de investigații, iar acestea sunt monitorizate pentru a împiedica orice exces de doza. Ori de câte ori se are în vedere o investigație de tipul radiografiei, clinicianul trebuie să aprecieze necesitatea acesteia și, mai ales, să stabilească doza de radiații necesară pacientului, asigurându-se astfel că beneficiile sunt în mod semnificativ mai importante decât riscurile.

Dintre metodele de investigație imagistică, cele precum ecografia și IRM s-au dovedit a fi ideale prin faptul că nu prezintă un risc semnificativ pentru pacient. Mai mult decât atât, imagistica cu ultrasunete reprezintă modalitatea de primă intenție pentru evaluarea fătului.

Aparatura aferentă imagisticii medicale este scumpă și, în consecință, cu cât tehnica imagistică este mai complexă (de ex., IRM), cu atât este ea mai costisitoare. Investigațiile trebuie să fie efectuate în mod judicios, să fie bazate pe o istorie clinică, pentru care înțelegerea anatomiei devine vitală.

**Tabel 1.1** Doza aproximativă de expunere la radiații (ca ordin de mărime)

| Tipul investigației     | Doza eficace (mSv) | Durata echivalentă unei expuneri în mediul înconjurător |
|-------------------------|--------------------|---|
| Radiografie toracică    | 0,02               | 3 zile  |
| Radiografie abdominală  | 1,00               | 6 luni  |
| Urografie intravenoasă  | 2,50               | 14 luni   |
| CT craniană             | 2,30               | 1 an  |
| CT de abdomen și pelvis | 10,00              | 4,5 ani   |