

ECOGRAFIE VASCULARĂ

CUM, DE CE ȘI CÂND

EDIȚIA A PATRA

Abigail Thrush, MSc

Clinical Scientist (retired)
Chesterfield Royal Hospital NHS Trust
Chesterfield
United Kingdom

Timothy Hartshorne, AVS

Clinical Scientist
University Hospitals of Leicester NHS Trust
Leicester
United Kingdom

Colin Deane, PhD

Clinical Scientist
King's College Hospital
London
United Kingdom

COORDONATORII EDIȚIEI
ÎN LIMBA ROMÂNĂ:

Mihai Ionac

Profesor de Chirurgie Vasculară,
Universitatea de Medicină și Farmacie
„Victor Babeș” Timișoara

Adina Ionac

Profesor de cardiologie, Universitatea
de Medicină și Farmacie „Victor Babeș”,
Timișoara

CUPRINS

- 1 **Introducere**, 1
 - 2 **Ultrasunetele și imagistica în mod B**, 5
 - 3 **Ecografia Doppler**, 33
 - 4 **Imagistica Doppler color**, 47
 - 5 **Fluxul sangvin și aspectul acestuia în imagistica color**, 63
 - 6 **Factorii care influențează spectrul Doppler**, 79
 - 7 **Abordarea ecografiei, a politicilor operaționale și a siguranței**, 95
 - 8 **Evaluarea ecografică a circulației cerebrale extracraniene**, 109
 - 9 **Evaluarea duplex a bolii arteriale a membrelor inferioare**, 147
 - 10 **Evaluarea duplex a bolilor arteriale ale membrelor superioare**, 179
 - 11 **Evaluarea duplex a anevrismelor și a reconstrucției endovasculare**, 193
 - 12 **Ecografia vasculară a ramurilor aortice abdominale**, 217
 - 13 **Anatomia sistemului venos al membrelor inferioare și evaluarea insuficienței venoase**, 235
 - 14 **Evaluarea duplex a trombozei venoase profunde și a patologiilor venoase la nivelul membrelor superioare**, 277
 - 15 **Supravegherea bypassurilor și cartografierea preoperatorie a venelor pentru operația de bypass**, 303
 - 16 **Ecografia accesului pentru hemodializă**, 323
 - 17 **Sumarul reglajelor ecografului**, 341
- Anexa A Scala de decibeli, 355
Anexa B Sensibilitatea și specificitatea, 357
Anexa C Sumarul reglajelor ecografului, 359
Referințe, 367
Lecturi suplimentare, 377
Index, 379

COLECTIV DE TRADUCERE ȘI CONSULTANȚĂ ȘTIINȚIFICĂ

Coordonatori

Mihai Ionac
Profesor de Chirurgie Vasculară, Universitatea de Medicină și Farmacie „Victor Babeș”, Timișoara

Adina Ionac
Profesor de Cardiologie, Universitatea de Medicină și Farmacie „Victor Babeș”, Timișoara

Capitolul 1

Mihai Ionac
Profesor de Chirurgie Vasculară, Universitatea de Medicină și Farmacie „Victor Babeș” Timișoara

Capitolul 2

Oana Voinescu
Medic specialist, Cardiologie, Asistent universitar, Universitatea de Medicină și Farmacie „Victor Babeș”, Timișoara

Capitolul 3

Alina Guruian
Medic rezident, Cardiologie, Institutul de Boli Cardiovasculare, Timișoara

Capitolul 4

Tania Tulhina
Medic rezident, Cardiologie, Institutul de Boli Cardiovasculare, Timișoara

Capitolele 5 și 6

Bianca-Maria-Evelina Vancea
Medic rezident, Cardiologie, Institutul de Boli Cardiovasculare, Timișoara

Capitolul 7

Samuel Ardelean
Medic rezident, Cardiologie, Institutul de Boli Cardiovasculare, Timișoara

Capitolul 8

Flavia Goanta
Medic primar, Cardiologie, Spitalul Premiere, Regina Maria, Timișoara

Capitolul 9

Alexandru Furdui
Medic rezident, Chirurgie vasculară, Spitalul Clinic Județean de Urgență „Pius Brînzeu”, Timișoara

Anda Stamatovici
Medic rezident, Chirurgie vasculară, Spitalul Clinic Județean de Urgență „Pius Brînzeu”, Timișoara

Capitolul 10

Andreea Ciucurita
Medic rezident, Cardiologie, Asistent universitar, Universitatea de Medicină și Farmacie „Vasile Goldiș”, Arad

Capitolul 11

Vlad Neagoe
Medic specialist Chirurgie vasculară, Asistent universitar, Universitatea de Medicină și Farmacie „Victor Babeș”, Timișoara

Capitolul 12

Morelli Marialuisa
Medic rezident, Chirurgie vasculară, Spitalul Clinic Județean de Urgență „Pius Brînzeu”, Timișoara

Capitolul 13

Radu Avram
Medic specialist, Chirurgie vasculară, Clinica ArTerra Health, Timișoara

Adela Dumitrașcu

Medic specialist, Chirurgie vasculară, Clinica ArTerra Health, Timișoara

Capitolul 14

Oana-Janina Roșca
Medic rezident Chirurgie asculară, Spitalul Clinic Județean de Urgență „Pius Brînzeu”, Timișoara

Elena Rizea

Medic rezident, Chirurgie vasculară, Spitalul Clinic Județean de Urgență „Pius Brînzeu”, Timișoara

Capitolul 15

Alexandra Rădeanu
Medic rezident, Chirurgie vasculară

Capitolul 16

Adelina Mzi
Medic rezident, Chirurgie vasculară, Spitalul Clinic Județean de Urgență „Pius Brînzeu”, Timișoara

Capitolul 17

Tania Tulhina
Medic rezident, Cardiologie, Institutul de Boli Cardiovasculare, Timișoara

PREFAȚĂ

Boala arterială periferică este definită prin stenoze sau ocluzii localizate în orice zonă a corpului, cu excepția toracelui sau a cutiei craniene și cunoaște o incidență și prevalență epidemică, fiind asociată cu morbiditate și mortalitate cel puțin egală sau mai mare decât boala coronariană. De altfel, stenozele carotidiene sunt responsabile de peste 20% dintre accidentele ischemice tranzitorii sau accidentele vasculare cerebrale, recunoscute ca a doua cauză de mortalitate după boala coronariană.

Boala venoasă cronică are, la rândul ei, o prevalență estimată la peste 60% din populația generală, caracteristica ei fiind evoluția inevitabilă. Tromboza venoasă profundă (TVP) și tromboembolismul pulmonar (TEP) afectează anual circa 1 dintre 1.000 de persoane, dar este estimat că unul din 12 adulți de vârstă medie vor dezvolta TVP și sau TEP pe parcursul restului vieții.

Nu în ultimul rând, anevrismul de aortă abdominală poate fi prezent la până la 5% dintre bărbații fumători, incidența crescând cu vârsta, iar ruptura ducând la deces în până la 80% dintre cazuri.

Datele epidemiologice de mai sus schițează extrem de sumar amploarea patologiei vasculare, o problemă globală de sănătate sub-diagnosticată și sub-tratată. Multitudinea factorilor de risc, natura complexă a acestor afecțiuni și varietatea metodelor de tratament au arătat că o abordare multidisciplinară în ce privește screeningul, diagnosticul și tratamentul permite o îngrijire mult mai bună a acestor pacienți. Într-adevăr, în managementul corect al acestor pacienți sunt implicate specialități din întregul spectru al medicinei și așa încerca o enumerare aproximativă, fără pretenția de a fi exhaustivă: anestezie și terapie intensivă, boli infecțioase, cardiologie, dermatologie, diabetologie, hematologie, gastroenterologie, medicină de familie, medicină de urgență, nefrologie, neurologie, nutriție, pediatrie, radiologie, imagistică medicală și așa mai departe.

Ecografia a devenit cea mai importantă modalitate noninvazivă de diagnostic în majoritatea covârșitoare a patologiilor, devenind un instrument indispensabil în bolile vasculare. Ultrasonografia vasculară este la momentul actual metoda principală de diagnostic și urmărire în boala carotidiană, tromboza venoasă și anevrismul de aortă abdominală. În plus, permite monitorizarea permeabilității bypassurilor și urmărirea dezvoltării hiperplaziei neointimale. Utilizarea ecografiei vasculare devine tot mai largă, în paralel cu progresele tehnologice. Noile intervenții endovasculare, stentarea carotidiană sau a arterelor membrului inferior necesită ecografia vasculară pentru identificarea stenzelor intrastent. Reconstrucția endovasculară a anevrismului de aortă abdominală folosește ecografia pentru supravegherea și identificarea *endoleak*-urilor. Ultrasonografia se folosește de rutină intraoperator, de exemplu în intervențiile de ablație endovenoasă, în accesul vascular pentru chirurgia endovasculară sau în evaluarea intraoperatorie a permeabilității bypassurilor venoase *in situ*. Recent, ecografia de contrast, ecografia tridimensională sau cea intravasculară aduc posibilități diagnostice și terapeutice suplimentare. Și am enumerat doar câteva exemple.

Avem în față un tratat medical excelent, scris concis, pragmatic, de practicieni cu experiență și grad de înțelegere a utilității ultrasunetelor impresionante. Este o lectură necesară pentru orice chirurg vascular, dar în aceeași măsură pentru orice medic (indiferent de specialitate) care intră în contact cu un bolnav vascular. Astfel, practicarea ecografiei vasculare poate să scoată, literalmente, la lumină aspecte majore ale patologiei pacientului, completând decisiv o prestație medicală profesională în cadrul majorității specialităților, de exemplu:

- Anestezie și terapie intensivă – accesul vascular arterial și venos.
- Cardiologie – diagnosticul aterosclerozei generalizate (boală carotidiană, arterială periferică), diagnosticul oportunist al AAA, acces endovascular în procedurile de cardiologie intervențională.
- Dermatologie – diagnosticul diferențial al ulcerelor membrelor inferioare, investigarea insuficienței venoase cronice.
- Diabetologie – diagnosticul bolii arteriale periferice, diagnosticul diferențial al durerilor membrelor inferioare.
- Gastroenterologie – diagnosticul oportunist al AAA, diagnosticul stenozelor/trombozelor arterelor și al venelor mezenterice.
- Medicina de urgență – accesul vascular arterial și venos, diagnosticul diferențial al durerilor/edemelor membrelor inferioare.
- Nefrologie – monitorizarea accesului vascular pentru hemodializă, explorarea vascularizației renale.
- Neurologie – diagnosticarea stenozelor carotidiene și diagnosticul diferențial al accidentelor ischemice tranzitorii sau al accidentelor vasculare cerebrale, diagnosticul diferențial al durerilor membrelor inferioare.
- Radiologie și imagistică medicală – diagnosticul bolilor arteriale și venoase, accesul vascular în procedurile de radiologie intervențională, monitorizarea postprocedurală.

La peste un deceniu de la prima apariție, prezenta ediție își consolidează reputația de unul dintre cele mai bune tratate de ecografie vasculară și aduce actualizări în această tehnică imagistică a cărei utilitate, în practica medicală de zi cu zi, este inestimabilă.

Prof. Dr. Mihai Ionac

Introducere

În cei 12 ani de la ultima ediție a acestei cărți, ecografia a progresat considerabil. Calitatea imaginii s-a îmbunătățit, optimizarea automată a imaginilor este acum la ordinea zilei (deși încă nu este perfectă), iar pentru diverse patologii, răspândirea ecografelor mai mici aduce ultrasonografia la pacient și nu invers. Ecografia vasculară a facilitat dezvoltarea de servicii diverse. Comunitățile beneficiază de screening pentru anevrismele de aortă, iar în cabinete, chirurgii vasculari și ecografiștii folosesc scanere la prețuri mici. Utilizarea pe scară tot mai largă a liniilor venoase periferice a dus la o creștere proporțională a numărului de tromboze venoase profunde (TVP) ale membrului superior. Screeningul ecografic pentru arterita cu celule gigantice s-a dovedit a fi eficient. Multe centre efectuează în prezent screeningul de rutină cu ecografie Doppler transcraniană pentru riscul de accident vascular cerebral la copiii cu siclemie; aceste ultime aplicații ale ultrasonografiei sunt noi completări aduse la carte. Laboratoarele de ecografie vasculară din spitale sunt foarte solicitate, deoarece capacitățile și eficacitatea acestora sunt din ce în ce mai recunoscute.

Sfera de aplicare a ecografiilor vasculare vine cu propriile provocări. Este o disciplină largă, utilizată de un număr mare de clinicieni, nu numai chirurghi vasculari, neurologi și hematologi, ci și nefrologi, medici și chirurghi cardiologi, pediatri, oftalmologi, endocrinologi și de orice echipă clinică pentru care investigarea sistemului circulator face parte din îngrijirea pacientului. Abilitățile necesare pentru a scana sunt, de asemenea, variate. Utilizarea ecografelor de dimensiuni mici pentru screeningul anevrismelor de aortă s-a dovedit fezabilă în cabinetele medicilor de familie; folosirea ecografelor portabile în sălile de operație, pentru chirurgia venoasă, a devenit o procedură de rutină. Cu toate acestea, pentru multe aplicații de ecografie vasculară este nevoie de

scanere de ultimă generație și personal instruit, care să utilizeze toate aspectele imagistice ale fluxului color și ale Doppler-ului spectral și care au aptitudinea să identifice și să măsoare modificările în circulație, pentru a determina cauza și amploarea problemelor vasculare.

Pentru aceia dintre noi care practică și se bucură de beneficiile ecografiei vasculare, examinarea poate fi ca rezolvarea unui puzzle (Fig. 1.1). O scanare complexă a arterelor membrului inferior poate necesita trei transducere diferite și o gamă largă de măsurători, pentru a descoperi de ce fluxul către gambă are un anumit aspect. Ecografistul – am folosit cuvântul ecografist pentru a include pe oricine, din orice profesie, care este instruit pentru a utiliza ecografia – trebuie să aibă încrederea necesară pentru optimizarea imaginilor în mod B, ale fluxului de culoare și a măsurătorilor spectrale Doppler pentru a obține cele mai bune informații disponibile. Trebuie, de asemenea, să aibă o înțelegere profundă a fluxului normal și anormal, astfel încât să poată utiliza aceste informații pentru a raporta fenomenele patologice ale unui anumit pacient. În situațiile în care imagistica este sub nivelul optim, aceștia trebuie să aibă încrederea și onestitatea să descrie limitările oricărei ecografii și să menționeze când imaginile sunt inadecvate pentru un raport complet.

Scanarea cu ultrasunete depinde în continuare de priceperea și cunoștințele operatorului. Erorile de bază, cum ar fi setarea inadecvată a intensității imaginii (*gain*) sau reglarea incorectă a unghiului Doppler-ului spectral, pot duce la un diagnostic greșit și daune în ceea ce privește sănătatea pacienților; erori mai puțin evidente, de exemplu frecvența de transmisie greșită sau dimensiunea volumului eșantion, pot afecta calitatea imaginii. Ca întotdeauna în cazul ecografiei, mutarea transducerului pentru a obține o fereastră acustică mai bună, sau

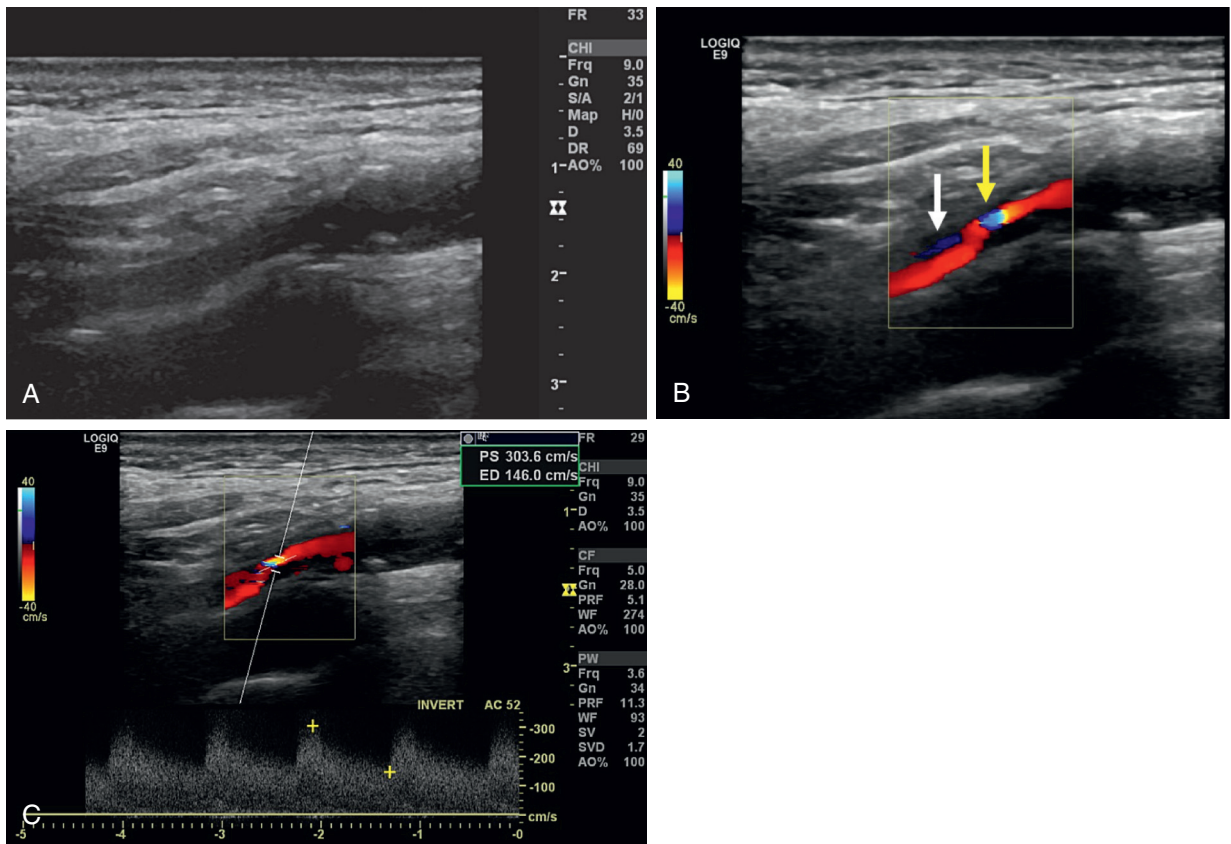


Fig. 1.1 Această figură demonstrează modul în care o combinație a tehnicilor de ecografie bidimensională, Doppler color și spectral poate fi utilizată pentru a identifica și clasifica bolile arterei carotide în practica clinică. Artera este vizibilă în imaginea (A), dar lumenul este neclar. Imaginile cu flux de culoare (B) arată *aliasing* (săgeată galbenă) indicând viteze crescute cu flux bidirecțional (săgeată albă), sugerând flux poststenotic. Doppler-ul spectral (C) înregistrează o viteză maximă de 304 cm/s, indicând o stenoză severă mai mare de 70%.

pentru a obține reflexii mai clare la o interfață sau alinierea îmbunătățită cu un vas sangvin pentru optimizarea traseului Doppler reprezintă o componentă a scanării. Propriocepția mâinii ecografistului se combină cu înțelegerea planului imaginii, astfel încât ecografistul vascular experimentat va întoarce sonda pentru a privi de-a lungul și de-a latul vasului, folosind imaginea pentru a-și ghida mâna și a construi o imagine completă a țesutului subiacent. Acest lucru este dificil, mai ales pentru cei ce fac ecografie vasculară, dacă ne gândim că imaginea se poate vedea cel mai bine atunci când interfețele sunt perpendiculare cu fasciculul, dar efectul Doppler este cel mai bun acolo unde fluxul este în linie cu acesta.

Uneori, există controverse, în cadrul comunității medicale, legate de statutul profesional și de calificarea

și capacitatea ecografistilor de a interpreta și raporta rezultatele ecografiilor. Adesea, apar limitări atunci când o persoană, care nu a fost prezentă în timpul examinării ecografice, este responsabilă pentru emiterea unui raport bazat pe imaginile statice capturate în timpul unei examinări. Există posibilitatea ca detaliile sau informațiile care au fost evidente în timp real să fie trecute cu vederea. Înregistrarea video a imaginilor poate ajuta un terț, dar ecografistul vascular înalt calificat are un punct de vedere unic în ceea ce privește înțelegerea completă a imaginii.

Am încercat să arătăm cum ultrasunetele pot fi folosite cu succes în investigațiile ecografice vasculare, care sunt punctele slabe și cum pot fi utilizate în mod optim, fie pentru arterele carotide, TVP sau pentru numeroasele

indicații în care continuă să fie întrebuințate. Capitolele introductive analizează examinarea Doppler în modul B, color și spectral, nu doar din punct de vedere teoretic, ci și pentru a arăta cum acestea pot fi modificate și optimizate pentru a afișa și măsura cel mai bine arterele și venele, precum și fluxul care trece prin acestea. Capitolul despre fluxul sangvin prezintă principiile fizice ale fluxului și arată modul în care ultrasunetele pot fi utilizate pentru o vizualizare a acestuia și pentru a înțelege condițiile vasculare specifice. Practicienii ar trebui să fie conștienți de posibilele erori și limitări ale ultrasunetelor; acestea sunt revizuite, fiind oferite recomandări și sfaturi pentru o bună practică clinică. Următoarele capitole abordează ulterior fiecare aplicație clinică majoră, oferind contextul clinic, tehnicile de scanare, aspectul normal și măsurătorile și modificările acestora în prezența bolii. Pentru fiecare tip de investigație sunt incluse sugestii cu privire la modul de optimizare a scanării.

Oferim propria perspectivă, în calitate de ecografiști vasculari și nu încercăm să interferăm cu echipele medicale și chirurgicale; rolul nostru este de a servi interesele pacientului, oferind cele mai bune informații posibile, în cadrul mai amplu al echipei clinice. Dezvoltarea înțelegerii nevoii acestui serviciu se poate realiza cel mai bine în contextul unei bune comunicări cu medicii curanți. De asemenea, este recunoscut faptul că o ecografie vasculară nu este de sine-stătătoare; cel care o citește ar trebui să aibă și o privire de ansamblu asupra altor modalități imagistice, pentru a înțelege ecografia vasculară în contextul acestor alte tehnici utilizate în îngrijirea pacienților cu probleme vasculare. Acesta ar trebui să-și aloce timpul necesar și pentru a studia diferite tratamente radiologice, chirurgicale și medicale necesare în tratarea bolilor vasculare periferice.

Fluxul sangvin și aspectul acestuia în imagistica color

SUMAR

Introducere, 63

Structura pereților vaselor, 63

De ce curge sângele?, 64

Energia în sânge, 64

Rezistența la curgere, 65

Profiluri de flux în arterele normale, 65

Flux pulsatil, 66

Fluxul la nivelul bifurcațiilor și al ramurilor, 69

Fluxul la nivelul curburilor într-un vas, 69

Fluxul la nivelul stenozelor, 70

Modificări ale vitezei la nivelul stenozelor, 70

Modificări ale energiei la nivelul unei stenoze —

Efecte asupra circulației, 71

Tranziția de la fluxul laminar la fluxul turbulent, 73

Fluxul venos, 75

Modificări ale fluxului în cursul ciclului cardiac, 75

Efectele respirației asupra fluxului venos, 75

Modificări ale presiunii venoase datorate posturii și pompei mușchilor gambei, 76

Fluxul venos anormal, 76

INTRODUCERE

Interpretarea imaginilor Doppler și măsurarea fluxului în artere și vene necesită înțelegerea hemodinamicii, respectiv a dinamicii fluxului sangvin. Fluxul sangvin arterial este complex și constă într-un flux pulsatil al unui fluid neomogen în interiorul arterelor, vase cu pereți elastici, care se ramifică, se curbează și se îngustează. Înțelegerea hemodinamicii pornește în primul rând de la înțelegerea unor modele și concepte simple, cum ar fi fluxul constant într-un tub rigid. În acest capitol vor fi discutați factorii care afectează fluxul arterial și cel venos, cu un accent deosebit asupra modului în care aceștia sunt descriși de ultrasonografia Doppler color și spectral și modul în care utilizatorul interpretează aceste aspecte pentru a crea imagini și a măsura fluxul în vasele normale sau bolnave. De asemenea, este important de reținut că parametrii ultrasonografiei contribuie la realizarea imaginilor și pot modifica afișarea acestora. Trebuie, de asemenea, luate în considerare efectele artefactelor, înainte de a trage concluzii despre fluxul sangvin.

STRUCTURA PEREȚILOR VASELOR

Sistemele arteriale și venoase sunt adesea considerate drept o serie de tuburi care transportă sângele către și dinspre organe și țesuturi. De fapt, vasele de sânge sunt structuri mult mai complexe, care răspund la stimularea nervoasă și interacționează cu mediatorii chimici din torentul sangvin, pentru a regla fluxul de sânge în organism. Modificările debitului cardiac și tonusul celulelor musculare netede din pereții arteriali sunt factorii principali care afectează fluxul sangvin. Structura peretelui unui vas de sânge variază considerabil în funcție de poziția pe care o are în sistemul vascular.

Arterele și venele sunt alcătuite din trei straturi de țesut, venele având pereți mai subțiri decât arterele. Stratul exterior se numește adventice și este compus predominant din țesut conjunctiv, cu collagen și elastină. Stratul mijlociu, media, este cel mai gros strat, fiind compus din fibre musculare netede și țesut elastic. Intima reprezintă stratul intern și este format dintr-un strat subțire de endoteliu, care acoperă o membrană elastică. Capilarele, dimpotrivă, sunt alcătuite dintr-un singur

strat de endoteliu, care permite schimbul de molecule prin peretele capilarului. Vizualizarea structurii pereților vaselor mari este posibilă utilizând ultrasunetele și identificând stadiile incipiente ale bolii arteriale, cum ar fi îngroșarea intimei.

Arborele arterial este format din artere elastice, artere musculare și arteriole. Aorta și arterele subclaviculare sunt exemple de artere elastice sau de conducere și conțin fibre elastice, precum și o cantitate mare de fibre de colagen, pentru a limita gradul de întindere. Arterele elastice funcționează ca un rezervor de presiune, deoarece țesutul elastic din peretele vasului este capabil să absoarbă o parte din cantitatea mare de energie generată de către inimă în timpul sistolei. Acestea mențin presiunea telediastolică și scad sarcina inimii stângi. Arterele musculare sau de distribuție, cum ar fi artera radială, conțin o proporție mare de celule musculare netede în media. Aceste artere au inervație și se pot dilata sau îngusta. Arterele musculare sunt responsabile de distribuția regională a fluxului sangvin. Arteriolele sunt cele mai mici artere, iar media lor este compusă aproape în întregime din celule musculare netede. Arteriolele au un rol important în reglarea tensiunii arteriale și a fluxului sangvin și se pot contracta sau dilata, în funcție de stimularea nervoasă simpatică sau chimică. Acestea distribuie sângele către paturi capilare specifice și se pot dilata sau îngusta selectiv în corp, în funcție de cerința organelor sau a țesuturilor.

DE CE CURGE SÂNGELE?

Forța de contracție a inimii pompează sângele în interiorul corpului. Fluxul de sânge în artere depinde de doi factori: (1) forța de contracție care împinge fluxul sangvin și (2) rezistența vasculară periferică.

Energia în sânge

Cercetătorul științific Daniel Bernoulli (1700–1782) a demonstrat că energia totală a fluidului, care determină curgerea acestuia, este alcătuită din trei părți:

- Energia dată de presiune (p) - aceasta reprezintă presiunea fluidului, care, în cazul fluxului sangvin, variază din cauza contracției inimii și a distensiei aortei.
- Energia cinetică (EC) - aceasta se datorează faptului că fluidul este o masă în mișcare. EC depinde de densitatea (ρ) și viteza (V) fluidului:

$$EC = \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (5.1)$$

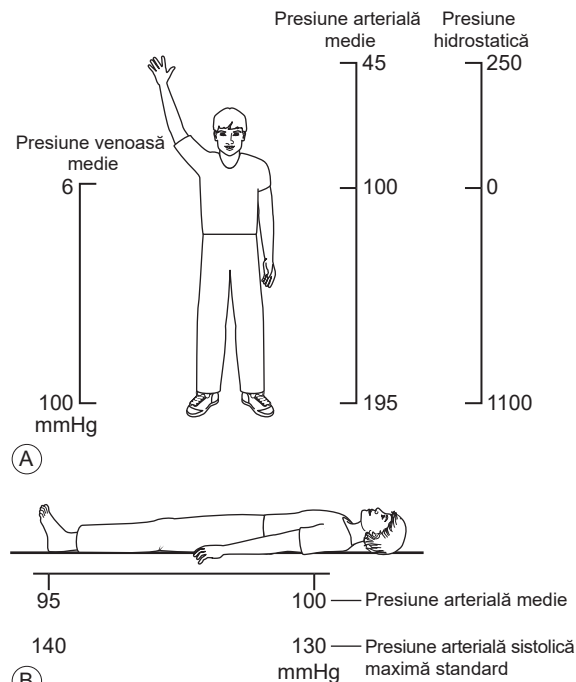


Fig. 5.1 Imagine schematică care arată presiunile standard în artere și vene cu subiectul în poziție ortostatică (A) și în decubit dorsal (B). Scala presiunii hidrostatice când subiectul se află în poziție verticală este atașată imaginii (A).

- Energia potențială gravitațională - aceasta este capacitatea unui volum de sânge de a se deplasa conform gravitației (g) exercitate asupra coloanei de fluid cu o densitate (ρ), datorită înălțimii (h) de deasupra unui punct de referință, de obicei inima.

Energia potențială gravitațională (ρgh) este echivalentă cu presiunea hidrostatică, dar este de semn opus (adică, $-\rho gh$). De exemplu, atunci când o persoană este în ortostatism, există o coloană de sânge - cu lungime echivalentă cu distanța dintre inima și membrele inferioare - care se sprijină pe sângele din vasele din picior (Fig. 5.1A), provocând o presiune mai mare, ca urmare a presiunii hidrostatice, decât cea observată atunci când persoana este în decubit dorsal (Fig. 5.1B). Deoarece inima este luată ca punct de referință, iar membrele inferioare sunt sub aceasta, presiunea hidrostatică este pozitivă. Dacă membrul superior este ridicat astfel încât să fie deasupra inimii, presiunea hidrostatică de la acest nivel este negativă, ceea ce face ca venele să se colabeze, iar presiunea din arterele de la nivelul membrului

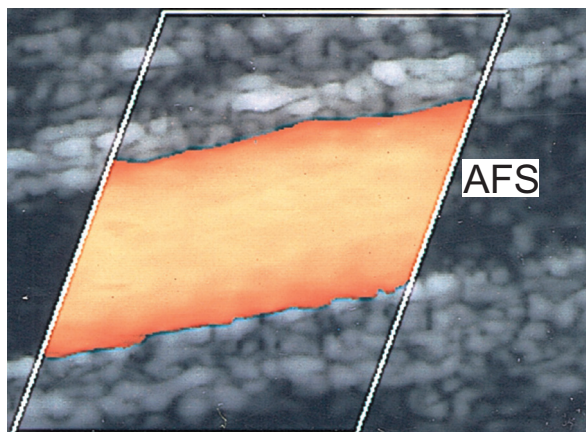


Fig. 5.3 Imagine color a fluxului care arată viteze mari (prezentate cu galben) în centrul unei artere femurale superficiale normale, cu viteze mai mici (indicate roșu) în apropierea pereților acesteia.

adesea cunoscut ca efect de intrare. Distanța necesară pentru ca profilul de curgere să se modifice din unul plat în unul parabolic depinde de diametrul vasului și de viteza de curgere, dar este, de obicei, de câteva ori mai mare decât diametrul vasului. În ceea ce privește fluxul sangvin, profilurile de viteză sunt modificate și de natura pulsatilă a fluxului.

În Figura 5.3 este prezentată o imagine Doppler color obținută la nivelul arterei femurale superficiale, în timpul sistolei. În această imagine se observă viteze mari în centrul arterei femurale superficiale medii și viteze mai mici la nivelul pereților acesteia.

Flux pulsatil

Profilul fluxului reprezentat în Figura 5.2 descrie un flux constant, însă fluxul arterial este unul pulsatil. Deci, cum va influența acest lucru profilul vitezelor de curgere de-a lungul vasului de sânge? Profilul vitezelor medii ale fluxului pulsatil va fi cel descris pentru un flux constant, peste care se va suprapune o componentă pulsatilă. Direcția și viteza fluxului sunt determinate de către gradientul de presiune de-a lungul vasului. Presiunea fluxului generată de către inimă este transmisă de-a lungul arborelui arterial și este modificată de undele de presiune reflectate dinspre patul vascular distal. Figura 5.4A arată curbele de presiune, tipice celor observate în arterele femurale, din două puncte diferite ale vasului, „a” și „b”. Diferența de presiune dintre aceste două puncte este dată de $a - b$, așa cum este descris în Figura 5.4B, astfel că, în perioadele din timpul ciclului cardiac, se produce un gradient de presiune negativ. Acest lucru

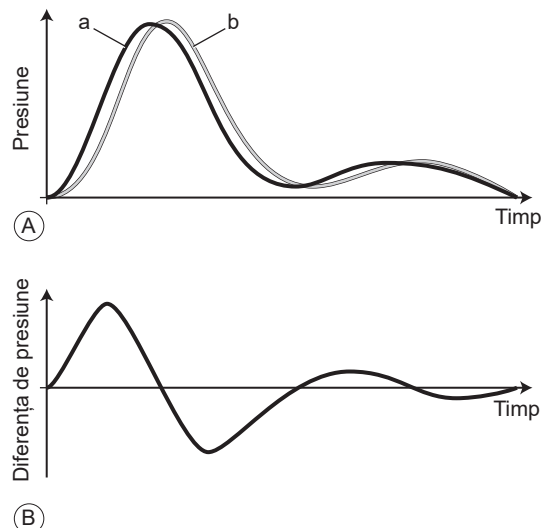


Fig. 5.4 (A) Curbe de presiune ideale obținute la două niveluri (a și b), de-a lungul arterei femurale. (B) Direcția fluxului sangvin între a și b este determinată de diferența de presiune, $a - b$ (din Nichols & O'Rourke, 1990, cu permisiune).

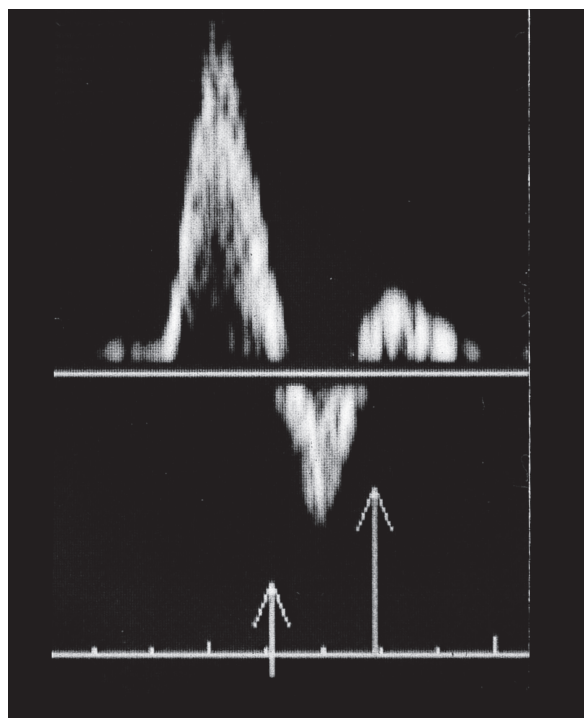


Fig. 5.5 Profilul vitezei într-o arteră femurală superficială normală. Săgețile reprezintă puncte în ciclul cardiac, când atât fluxurile anterograde, cât și cele reverse sunt văzute simultan.