

UNDA DE PULS ARTERIAL

Unda de puls arterial este o *undă energetică care se propagă din aproape în aproape prin peretele arterial fiind generată de activitatea mecanică a inimii.*

X1. Geneza undei de puls arterial

Cu fiecare sistolă, ventriculul stâng aruncă în circulație un volum de sânge (volumul sistolic), modificând ritmic presiunea sângelui în artere.

Unda de puls arterial este generată în porțiunea incipientă a aortei, care în timpul ejecției sângelui din timpul sistolei se distinde pentru a primi volumul de sânge ejectat. Aorta, datorită elasticității sale, înmagazinează în pereții săi o parte din energia de contracție a inimii sub formă de energie potențială (prin dilatarea sa în sistola ventriculară). În diastolă, pereții aortei revin, cedând energia potențială înmagazinată, ceea ce duce la propulsia sângelui.

Fiecare oscilație presională determină distensia pereților elastici ai arterelor mari și se propagă, de la centru (începutul aortei) la periferie, generând **unda primară de puls**.

Unda primară ajunsă în sectorul rezistiv (arteriole) și întâlnind acest baraj, se întoarce determinând a doua oscilație a peretelui arterial. Ajunsă la capătul central al sectorului arterial această oscilație determină prin împingerea masei de sânge spre cord, închiderea sigmoidelor și se reântoarce spre periferie. Astfel, apare a 3-a oscilație – **unda secundară de puls**, care se propagă tot de la cord la periferie. Fenomenul se poate repeta de 4-5 ori, dar amplitudinea undelor scade, putând fi înregistrate doar primele 2-3 oscilații.

Pulsul arterial reprezintă o manifestare periferică a activității mecanice a inimii, fiind format dintr-o undă expansivă, periodică, sincronă cu ejecția ventriculară și perceput la palparea unei artere pe țesutul dur subiacent.

- *Unda pulsului se propagă cu viteză care crește dinspre arterele cu calibru mare (exemplu: în aortă este de 3-5 m/s, în medie 4 m/s) spre cele cu calibru mai mic (5-10 m/s în artera radială).*
- *Viteza undei pulsului este mult mai mare decât viteza fluxului sanguin și crește pe măsură ce peretele vascular este mai gros și mai rigid (în hipertensiune și pe măsura înaintării în vârstă) și calibrul vaselor sanguine este mai mic.*
- *Presiunea pulsului reprezintă diferența dintre presiunea arterială sistolică și presiunea arterială diastolică.*

X2. Înregistrarea undei de puls arterial - sfigmograma (sphygmos=puls) se face prin fotopletismografie sau prin plasarea unor traductori mecanici pe carotidă (puls central) sau pe diverse artere periferice (femurală, radială – puls periferic). Înregistrarea obținută evidențiază variațiile de volum ale arterelor respective în timpul ciclului cardiac.

X3. Morfologia pulsului arterial

Forma, amplitudinea și viteza de deplasare a undei pulsatile, depind de:

- factorii hemodinamici ai ventriculului stâng (volumul de sânge expulzat și rapiditatea expulziei)
- factori arteriali ca elasticitatea aortei și rezistența vaselor periferice.

Unda de puls arterial se compune din două unde principale (**figura X1**):

- **unda primară** - de la începutul ascensiunii sale până la incizura dicrotă – ID; reprezintă faza sistolică a undei de puls;
- **unda secundară sau dicrotă** - de la incizura dicrotă până la sfârșitul curbei; reprezintă faza diastolică a undei de puls.

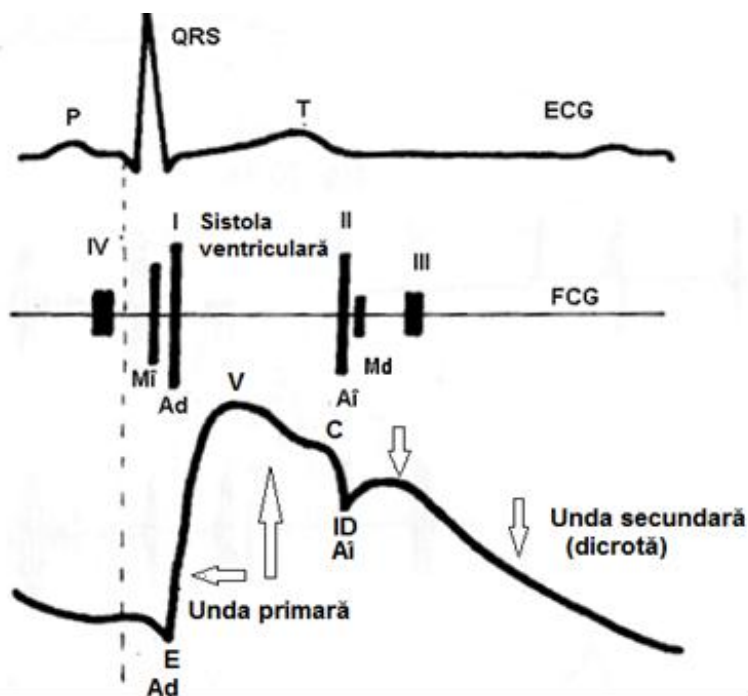


Figura X1. Înregistrare simultană a unei unde de puls carotidian, ECG și fonocardiogramă.

E – începutul ascensiunii unde de plus
 E – V panta anacrotă
 V – vârful unde
 V – ID platoul sistolic
 ID – incizura dicrotă
 ID – final - unda dicrotă

Faza sistolică corespunde evacuării ventriculare când presiunea din ventriculul stâng este mai mare decât presiunea diastolică din aortă, determinând deschiderea valvelor sigmoide aortice:

- debutează cu punctul E care corespunde deschiderii sigmoidelor aortice de la începutul ejecției ventriculului stâng;
 - pe fonocardiogramă corespunde cu componenta aortă deschidere (Ad) din zgomotul I;
 - pe ECG apare după începutul complexului QRS;
- cuprinde unda primară, care este formată din
 - o pantă rapid ascendentă (panta anacrotă), de la începutul unde (E) până la amplitudinea sa maximă din vârf - V; se produce datorită impactului unde de presiune ventriculară cu sângele existent în aortă; durează 0,08-0,12 secunde; depinde de: debitul sistolic, durata sistolei, valoarea presiunii diastolice; elasticitatea pereților vasului;
 - o undă în platou (platoul sistolic) sau ușor descendentă, terminată la unda de puls carotidian printr-o protuberanță discretă notată cu C; Platoul sistolic poate fi înclinat sau orizontal, cu un singur vârf inițial sau cu două vârfuri lente care dau aspect de "V" deschis în sus. La oamenii sănătoși, platoul sistolic este de obicei înclinat spre panta descendentă.
 - o undă rapid descendentă care se termină la incizura dicrotă;
 - incizura dicrotă. Aceasta corespunde începutului relaxării ventriculare și decelerării bruște a coloanei de sânge (scăderii vitezei), urmate de închiderea valvelor sigmoide aortice;
 - apare la 0,02 sec. după componenta Aî a zgomotului II (fono) și la finalul unde T (ECG);
 - la un puls periferic (femural), incizura dicrotă apare mai târziu decât la pulsul central (carotidian) și este generată de unda reflectată de periferie și amortizată de rezistența periferică, de interferența dintre unda primară și secundară.

Faza diastolică începe după incizura dicrotă.

- are forma unei pante largi, line, progresiv descendentă spre linia orizontală numită *unda dicrotă sau secundară*;
- este generată de reflectarea undei sanguine de către valvele aortice închise;
- exprimă calitățile elastice ale pereților arteriali, care reușesc să mențină o presiune în vase, după închiderea sigmoidelor; forma sa depinde numai de parametrii vascolari (rezistența arterială).

Morfologia undei de puls periferic este diferită comparativ cu cea a pulsului central. Astfel, la **pulsul femural (figura X2)**:

- ascensiunea (punctul E) apare mai târziu, întârzierea fiind datorată timpului scurs pentru propagarea undei din porțiunea incipientă a aortei (geneza undei) până la artera femurală;
- vârful este amplu, mai regulat, ocupând tot platoul;
- incizura este mai puțin netă, mai jos situată, mai tardivă
- unda dicrotă este largă, mai puțin exprimată

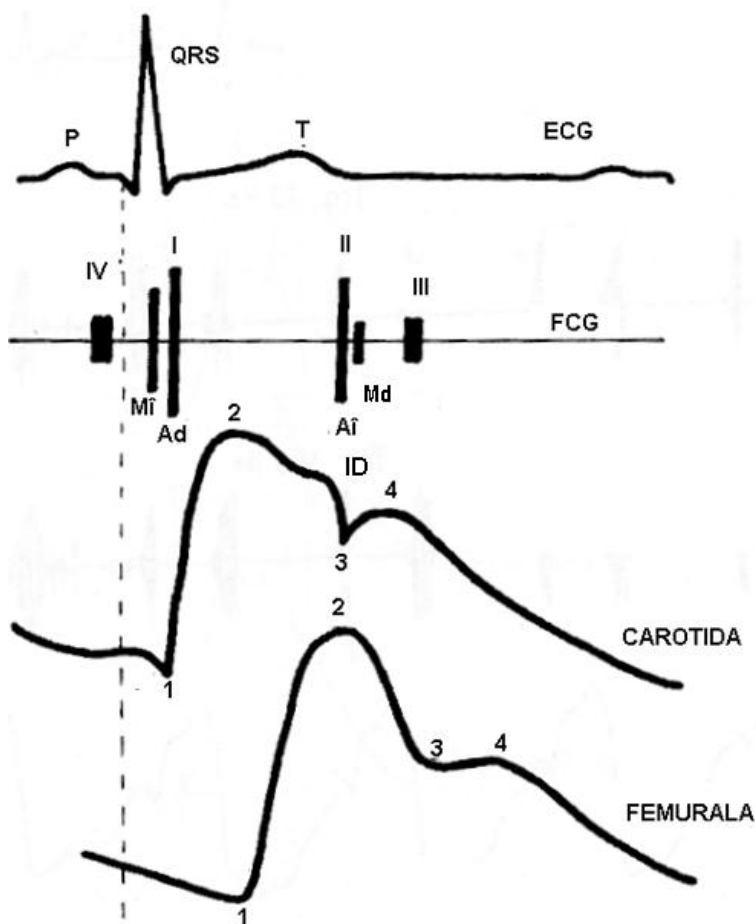


Figura X2. Aspectul normal al undei de puls carotidian și femural înregistrate simultan cu un traseu ECG și fonocardiograma. (după Ion Danciu, Bradu Fotiade, 1971)

- 1 – începutul ascensiunii undei de plus
- 1 – 2 panta anacrotă
- 2 – vârful undei
- 2 – 3 platoul sistolei
- 3 – incizura dicrotă
- 4 – unda dicrotă

X4. Importanța practică a înregistrării undei de puls arterial. Înregistrarea grafică a undei de puls arterial poate fi folosită ca:

- **reper pentru zgomotele cardiace:** zgomotul I corespunde cu piciorul ascensiunii undei de puls, iar zgomotul II cu incizura dicrotă – aceasta având o mică întârziere de 0,02 sec față de componenta Aî (aortă închidere);
- **în diagnosticul valvulopatiilor orificiului aortic** – în stenoza aortică, panta anacrotă este mai lentă, în trepte, evidențiind efortul ventriculului stâng de a ejecta

sângele printr-un orificiu îngustat; în insuficiența aortică, panta anacrotă este rapidă, mai înaltă iar incizura dicrotă mai jos situată, ștearsă (figura X3);

- înregistrarea simultană a undei de puls carotidian, femural și ECG permite **aprecierea vitezei undei pulsatile;**
- **pentru măsurarea intervalelor de timpi sistolici (I.T.S.) ai ventriculului stâng,** când se efectuează înregistrări simultane de puls carotidian, apexcardiogramă, ECG și fonocardiogramă.

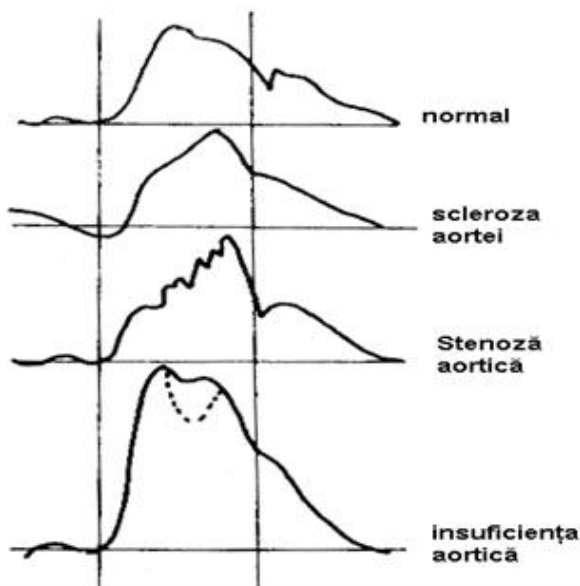


Figura X3. Aspecte ale undei de puls carotidian în valvulopatii ale orificiului aortic. (după Roman Vlaicu, 1976)



- **Viteza undei de puls la oamenii tineri este în medie 4 m/sec în aortă și 6 m/sec în arterele periferice.**
- Viteza undei pulsatile depinde de elasticitatea peretelui vascular. Cu vârsta, prin îngroșarea peretelui arterial (plăcuțe de aterom), acesta își pierde elasticitatea, devine rigid și viteza undei pulsatile crește.

X5. Examinarea pulsului arterial

Pulsațiile arterelor pot fi observate prin **inspecție și palpate**. Palparea pulsului este una dintre cele mai vechi și prețuite metode de examinare folosite în medicină, rămânând și astăzi, în epoca investigațiilor moderne, o metodă simplă, comodă, prin care putem obține informații valoroase, atât asupra activității inimii, cât și a stării circulației.

Examinarea pulsului arterial se realizează prin **palparea diferitelor artere accesibile: carotidă, brahială, radială, femurală, poplitee, tibială posterioară, pedioasă dorsală.**



În practica medicală se apreciază de regulă **pulsul radial** (prin comprimare cu trei degete: index, medius și inelar a arterei radiale în șanțul radial). Palparea se face **simultan la cele două artere radiale**, pentru a urmări dacă există aceeași amplitudine și dacă pulsul survine simultan (simetria și sincronismul undei de puls).

X5.1. Tehnica de examinare

- pulsul se palpează, de regulă prin compresia peretelui arterial pe un țesut dur, osos, subiacent;
 - **palparea pulsului la nivelul arterei radiale (Figura X4.)** se face în șanțul radial; este cea mai frecventă metodă din practica medicală

X.5.2. Indicațiile examinării pulsului arterial

- în toate situațiile când se măsoară tensiunea arterială;
- cu ocazia oricărui examen clinic general;
- dureri la nivelul unui membru;
- modificări de culoare și tulburări trofice ale tegumentelor;
- parestezii;
- dispnee; dureri precordiale, palpitații
- vertij, cefalee;
- pierderea stării de conștiență (sincopă, lipotimii);
- tulburări de vedere.

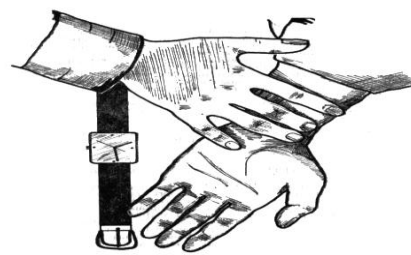


Figura X4 Palparea pulsului periferic la nivelul arterei radiale

X.5.3. Zonele de palpare ale pulsului arterial – vezi figura X5

- **La nivelul extremității cefalice:**
 - *pulsul temporal* (a. temporală superficială): anterior de ureche;
 - *pulsul facial* (a. facială): linia care unește unghiul mandibulei cu colțul gurii;
 - *pulsul carotidian* (artera carotidă): între laringe și marginea anterioară a mușchiului sternocleidomastoidian, la nivelul cartilajului cricoidian.



- ***Nu se palpează niciodată, bilateral, arterele carotide!***
- ***Se evită palparea carotidei pe o perioadă mai lungă de 15 secunde, deoarece puteți declanșa un reflex vagal depresor!***

• **La nivelul membrului superior:**

- *pulsul axilar* (a. axilară) - partea inferioară a peretelui lateral al axilei;
- *pulsul brahial* (a. brahială): partea inferioară a brațului, lângă cot;
- *pulsul radial* (a. radială): partea laterală a articulației mâinii, la baza policelui, în șanțul radial;
- *pulsul ulnar* (a. ulnară): partea medială a articulației mâinii.

• **La nivelul membrului inferior:**

- *pulsul femural* (a. femurală): jumătatea distanței dintre simfiza pubiană și spina iliacă antero-superioară;
- *pulsul popliteal* (a. poplitee): fosa poplitee, cu genunchiul îndoit și susținut;
- *pulsul la nivelul arterei tibiale posterioare*: în spatele maleolei interne, la 2 cm posterior;
- *pulsul la nivelul arterei pedioase*: fața dorsală a piciorului, imediat lateral de extensorul lung al halucelui.

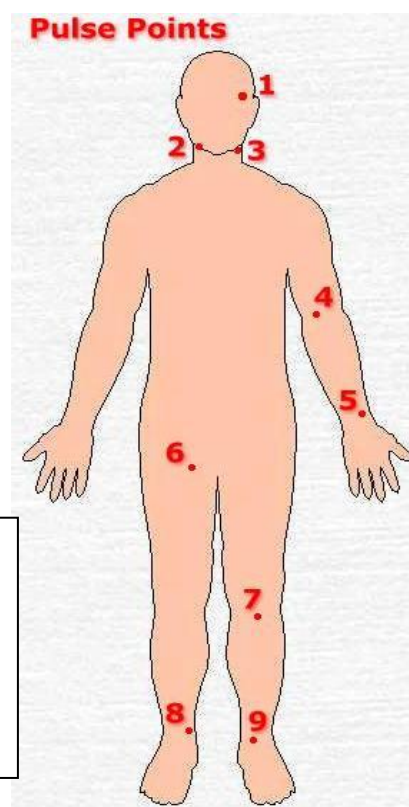


Figura nr. X5. Principalele zone de palpare ale pulsului arterial

1. Artera temporală;
2. Artera facială;
3. Artera carotidă;
4. Artera brahială;
5. Artera radială;
6. Artera femurală;
7. Artera poplitee (în spatele genunchiului);
8. Artera tibială posterioră;
9. Artera pedioasă dorsală

X.5.4. Caracteristicile pulsului, apreciate palpatoriu sunt:

- **Prezența/Absența.** Absența poate indica stop cardio-vascular, stare de șoc, ischemie periferică, etc.
- **Simetria și sincronismul pulsului** diferitelor artere. În mod normal, *unda de puls arterial are în două puncte arteriale simetrice, aceeași mărime și survine în același moment.* Asincronismul undei de puls se întâlnește patologic în obturarea arterei cu un trombus, anevrismul aortic, tumorile de trunchi arterial mare, etc.
- **Frecvența pulsului** reflectă frecvența contracțiilor ventriculului stâng. Se apreciază numărând pulsațiile pe un minut. Cu rare excepții este egală cu frecvența contracțiilor cardiace.



Frecvența pulsului este în jur de 70-80 bătăi/minut la adult; la nou-născut=130-150 bătăi/minut; la copilul cu vârstă de peste 1 an=100-130 bătăi/minut, iar peste 5 ani =100-110 bătăi/min.

- Frecvența pulsului poate fi crescută (*pulsus frequens*) – cunoscută sub numele de **tahicardie** sau scăzută (*pulsus rarus*) – **bradicardie**.
 - *Tahicardia*: cauze generale: stimulare simpatică, emoții, efort fizic, febră, droguri, hipertiroidism, feocromocitom, anemii, hemoragii, infecții, patologie cardiacă (endocardite, miocardite).
 - *Bradycardia*: cauze generale: stimulare parasimpatică (vago-tonie=tonus vagal crescut), somn, bradicardia sportivilor de performanță, hipotiroidism, hipotermie, intoxicația cu digitală, tratament cu beta-blocante, patologie cardiacă (bloc sinoatrial, atrioventricular, tulburări electrolitice - hiperpotasemia).
- **Ritmul pulsului** exprimă direct ritmul bătăilor cardiace; poate fi regulat (*pulsus regularis*) sau neregulat (*pulsus irregularis*). Acesta poate fi neregulat absolut, complet, în fibrilația arterială sau neregulat izolat, în extrasistole.
- **Calitatea pulsului** – prin palpare apreciem:
 - *tensiunea pulsului* (forța necesară pentru a comprima artera):
 - pulsus durus - puls dur, tare (perete arterial greu comprimabil) – în ateroscleroză, glomerulonefrită, saturnism;
 - pulsus mollis - puls moale, slab, filiform (perete arterial ușor comprimabil) – în stările febrile, anemii, colaps, insuficiență cardiacă.
 - *viteza pulsului* (rapiditatea cu care apare și dispare unda pulsatilă):
 - pulsus celer (rapid)
 - pulsus tardus (se palpează timp mai îndelungat)
 - *amplitudinea pulsului* (mărimea undei pulsatile):
 - pulsus magnus (amplu - izbește cu forță degetul)
 - pulsus parvus (mic)

X.5.5. Aspecte patologice ale pulsului arterial

- **pulsus celer et magnus** sau “săltăreț”/Corrigan (amplitudine mare, viteză mare de ascensiune și cădere mare): în insuficiența aortică. Aspectul este de “dans arterial” – de hiperpulsatilitate a arterelor și se datorește diferenței mari dintre presiunea arterială sistolică și diastolică;

- **pulsus tardus et parvus** - unda este de mică amplitudine, vârful întârziat, panta de ascensiune și coborâre fiind lente – aspect de “puls în platou”; se întâlnește în stenoza aortică;
- **deficit de puls** – se constată diferență între frecvența ventriculară și numărul pulsațiilor radiale; se întâlnește în fibrilația atrială, când nu toate contracțiile cardiace sunt eficiente și nu se pot transmite la periferie;
- **pulsus alternans** - amplitudine alternantă; se întâlnește în insuficiența cardiacă: un puls mai puternic, urmat de un puls mai slab.

PLETISMOGRAFIA

Pletismografia (“pletos = volum) reprezintă o tehnică de înregistrare grafică a variațiilor de volum ale unui segment al corpului în funcție de volumul de sânge conținut.

Principiul de înregistrare este același, diferă doar tipurile de aparate folosite.

Diversele tipuri de aparate se bazează **pe principiul transmiterii variațiilor de volum ale unui segment corporal închis ermetic într-un recipient cu pereți rigizi, la un aparat care le înregistrează fie direct cu ajutorul peniței, fie electronic** (în acest caz permite amplificarea undelor după necesități).

Metoda de înregistrare-Pletismografia cu celulă fotoelectrică sau fotopletismografia

- această metodă necesită o sursă de lumină și o celulă fotoelectrică;
- lumina străbate pielea și este absorbită de sângele circulant;
- cantitatea de lumină neabsorbită ajunge la celula fotoelectrică producând curent electric, în raport cu cantitatea de lumină primită;
- curentul electric este amplificat și înregistrat sub formă de curbă pe hârtie.

Fotopletismografia permite înregistrarea indirectă a stării microcirculației cutanate, la nivel de arteriole.

- cu cât teritoriul examinat va fi mai bine irigat, țesutul va absorbi mai puțină lumină și va reflecta o cantitate mai mare de lumină, care căzând pe celula fotoelectrică va da un curent electric mai amplu;
- când țesuturile sunt prost irigate, vor absorbi o cantitate mai mare de lumină și vor reflecta o cantitate mai mică de lumină, care va da un efect fotoelectric mai puțin amplu.

Variațiile sistolo-diastolice de flux sanguin din rețeaua arteriolară cutanată, determină variații echivalente ale curentului, iar **forma graficului va fi similară cu a pulsului arterial** (figura X6).

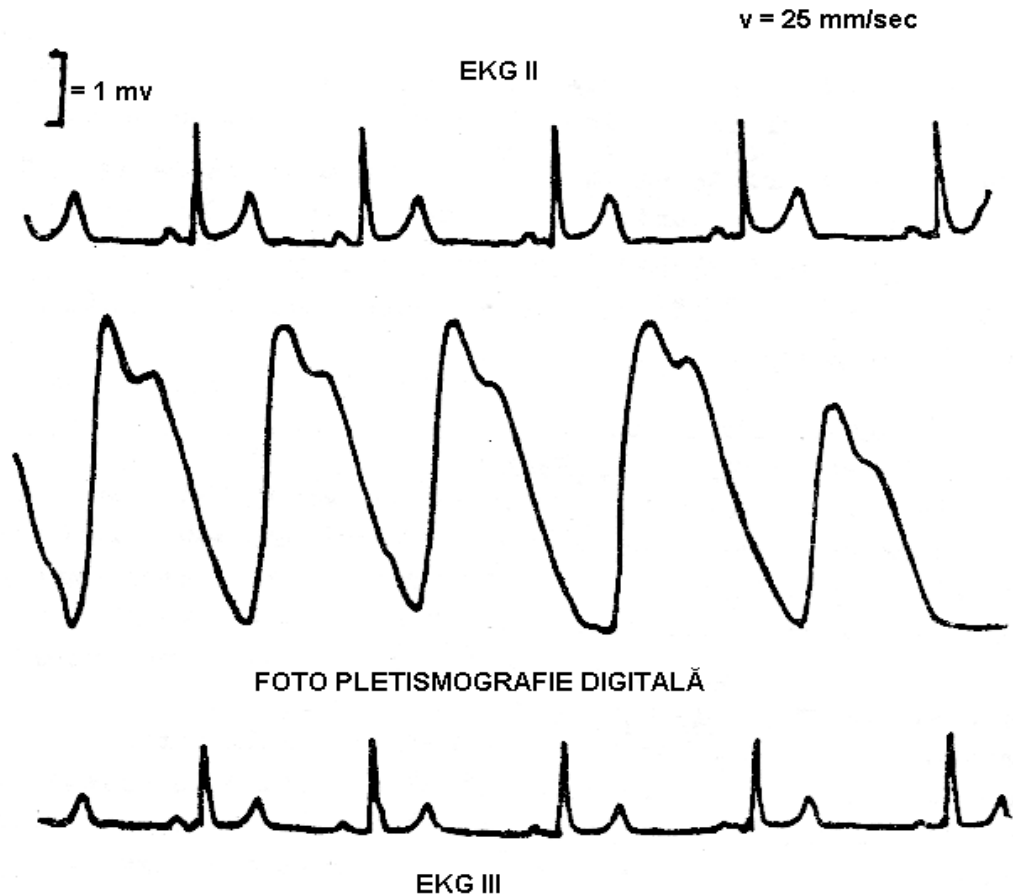
- unda pulsului arteriolar are o pantă anacrotă abruptă, un vârf ascuțit și o undă dicrotă care este concavă la bază;
- mărimea undei depinde de rezistența arterială periferică, unda pulsului fiind amplă când tonusul vasomotor este scăzut și arterele și arteriolele sunt dilatate, și invers, amplitudinea este mică când predomină tonusul vasomotor simpatic.
- în situații patologice, morfologia curbei este profund alterată:
 - în **arteriopatiile cronice periferice** (aterosclerotice sau diabetice), unda devine simetrică, cu vârful rotunjit, faza descendentă rectilinie sau convexă în sus, oscilații mici, uneori vizibile etc.

Fotopletismografia digitală este folosită de mult timp și pentru **determinarea saturației în oxigen a sângelui arterial (SaO₂)**. În acest caz, dispozitivul se numește pulsoximetru.



Valorile SaO_2 cuprinse între 94-100%, reflectă o saturație optimă a Hb în O_2 ;

- valorile de 93-88% definesc hipoxemia ușoară;
- cele de 88-83% hipoxemia medie;
- cele mai mici de 83% hipoxemia gravă.



ÎNREGISTRAREA CURBELOR DE PLETISMOGRAFIE CU ECHIPAMENTUL BIOPAC STUDENT LAB

Echipamentul BIOPAC LabPRO (BSL Pro System) este un sistem computerizat pentru achiziția și prelucrarea datelor în timp real. Cu ajutorul său se pot măsura variațiile de volum ale unui segment al corpului în funcție de volumul de sânge conținut.

În cazul nostru echipamentul este utilizat pentru a realiza fotopletismografia degetelor mâinii.

Obiective

- înregistrarea pletismogramei unui deget, concomitent cu traseul ECG
- măsurarea parametrilor curbei de pletismografie în condiții de repaus, efort fizic și alte probe funcționale care explorează reglarea presiunii arteriale în sistemul cardio-vascular.

Material necesare

- cabluri pentru electrozi (SS2L) - două seturi.
- electrozi de unică folosință (EL503) - trei bucăți.
- gel electroconductor pentru electrozi sau soluție alcoolică pentru curățirea pielii.

- senzorul pletismografic fotoelectric din trusa BIOPAC (SS4L) (figura X7).
- echipamentul BIOPAC Student Lab.



Figura X7. Echipamentul utilizat: unitatea de achiziție împreună cu senzorul pletismografic.

Mod de lucru

- se conectează senzorul pletismografic fotoelectric la canalul CH2 al unității MP30 și setul de cabluri împreună cu electrozii pentru înregistrarea ECG la canalul CH2
- se plasează electrozii pentru înregistrarea derivației DII ECG, astfel: mâna dreaptă - cablul alb, piciorul stâng - cablul roșu, piciorul drept - cablul negru
- se plasează senzorul fotoelectric pletismografic pe pulpa degetului index și se fixează cu ajutorul benzii adezive proprii. Fixarea trebuie să fie făcută ferm, dar să permită libera circulație a sângelui în deget (Figura X.8.)
- se recomandă subiectului să nu miște mâna și să nu realizeze presiuni suplimentare asupra senzorului.
- se alege din meniul principal lecția
- lucrarea se efectuează în repaus, în clinostatism, cu membrul superior așezat orizontal la nivelul cordului și ridicat, deasupra corpului. Înregistrările se pot face, atât la mâna dreaptă, cât și la mâna stângă, în condiții de repaus sau în cadrul probelor de explorare funcțională a reglării aparatului cardio-vascular.



Figura X.8. Plasarea senzorului pletismografic pe index.

Rezultate

Rezultatele înregistrărilor sunt prezentate pe display, ca în figura X.9.

- Pe primul canal este înregistrat traseul derivației DII ECG, iar pe al doilea canal sunt înregistrate curbele de fotoplethysmografie ale degetului. Folosind facilitățile de calcul ale sistemului se pot măsura parametrii curbei de pletismografie.
- De asemenea, se pot realiza prelucrări statistice ale măsurătorilor făcute.

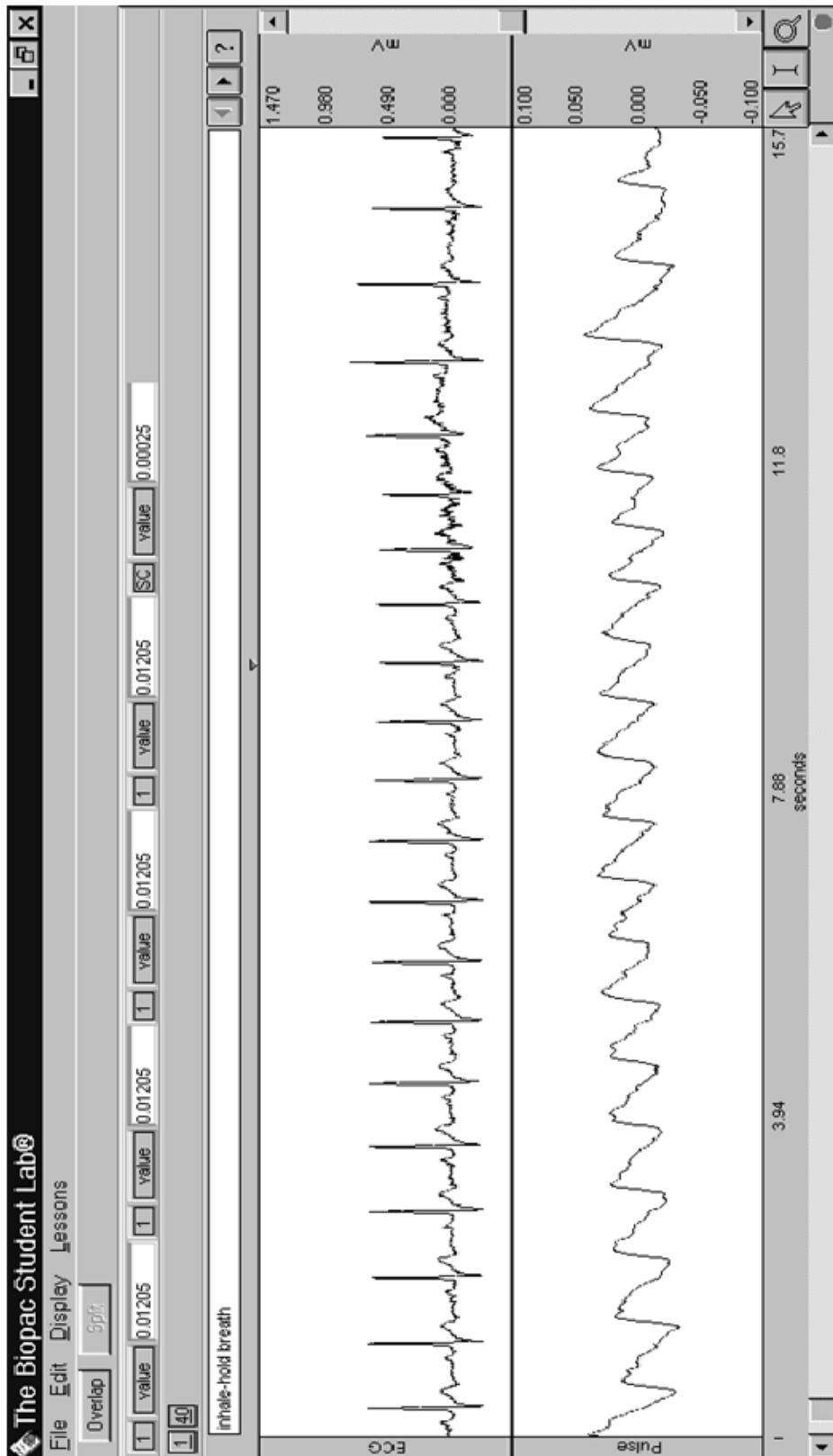


Figura X.9. Undele de fotopletismografie a degetului înregistrate cu ajutorul echipamentului BIOPAC, simultan cu înregistrarea ECG, derivația DII



Studiu individual

1. Consultați un dicționar medical, cursul de fiziologie și materialele indicate în bibliografie pentru a defini termenii: undă de puls arterial, ejecție ventriculară, debit sistolic, tahicardie, bradicardie, extrasistolă, fibrilație atrială, stenoză aortică, insuficiență aortică, fotopletismografie, pulsoximetru, parestezii, palpitații, sincopă, lipotimie, vertij, saturnism, precum și alți termeni pe care nu îi cunoașteți.
2. Documentați-vă și răspundeți la întrebarea: cum va fi frecvența cardiacă și frecvența pulsului la altitudine, comparativ între ele și cu situația de la câmpie?

FIȘĂ DE LUCRU ÎN LABORATOR

1. Definiți unda de puls arterial.

.....

2. Desenați o unda de puls arterial (carotidian) și reprezentați pe grafic componentele ei.

.....

3. Explicați mecanismul de producere al undei de puls arterial.

.....

4. Enumerați factorii de care depinde panta anacrotă.

.....

5. Indicați de cine este dată incizura dicrotă la unda de puls carotidian și femural.

.....

6. Indicați locurile de palpare ale pulsului arterial la nivelul: extremității cefalice, membrului superior, membrului inferior.

.....

7. Palpați-vă pulsul în zonele cele mai accesibile. Descrieți cadrulul didactic ce simțiți. Notați frecvența!

.....
8. Precizați câteva situații în care examinăm pulsul arterial.

.....
9. Enumerați caracteristicile pulsului.

.....
10. Precizați care este frecvența pulsului la adult, la nou-născut, la copilul cu vârstă de peste 1 an și peste 5 ani.

.....
11. Explicați ce este tahicardia și bradicardia și enumerați câteva dintre cauzele generale ale acestora.

.....
12. Definiți deficitul de puls și indicați situația în care se întâlnește.

.....
13. Desenați corelația ECG, fonocardiogramă, puls carotidian, puls femural.