

Partea a II-a. Fiziologie specială

Capitolul VII FIZIOLOGIA SISTEMULUI CARDIO-VASCULAR

Tema 1. Fiziologia inimii

Întrebări de control

1. Funcția hemodinamică a inimii. Funcția sistemului valvular. Ciclul cardiac, fazele ciclului și durata lor. Ultrasonografia.
2. Modificările volumului și presiunii sângelui în compartimentele inimii în sistolă și diastolă. Volumele ventriculare (tele-diastolic, sistolic, telesistolic, sistolic de rezervă, rezidual, diastolic de rezervă) și debitul cardiac.
3. Proprietățile fiziologice ale mușchiului cardiac (excitabilitatea, conductibilitatea, contractilitatea, tonicitatea, ritmicitatea). Legea „totul sau nimic”. Potențialul de acțiune al cardiomiocitelor tipice.
4. Modificările excitabilității cardiomiocitelor în cursul potențialului de acțiune (legea inexcitabilității periodice). Perioada refractară absolută, perioada răspunsului local gradat, perioada refractară relativă, perioada excitabilității supranormale.
5. Potențialul de acțiune al cardiomiocitelor atipice. Substratul și natura automatismului cardiac. Tipurile de canale ionice ale sarcolemei cardiomiocitelor atipice.
6. Sistemului conductor al inimii. Ritmicitatea și gradientul automatismului cardiac. Ligaturile Stannius.
7. Extrasistola atrială și ventriculară, perioada compensatorie

Fiziologie aplicativă virtuală: SISTEMUL CARDIOVASCULAR

1. Reviul fiziologic și anatomic al sistemului cardiovascular.
2. Sistemul conductor al inimii.
3. Potențialele de acțiune ale cardiomiocitelor.
4. Ciclul cardiac.
5. Volumele cardiace.

Lucrarea nr. 1. Observarea și înregistrarea grafică a activității mecanice a inimii. Cardiograma

Scopul lucrării. Înregistrarea contracțiilor inimii de broască în experiență acută.

Materiale și ustensile necesare: broască, trusă de vivisecție, kimograf, levierograf Engelman, serfin, ață, acc entomologice, soluție Ringer, planșetă, accesorii (tampoane de vată, comprese de tifon).

Tehnica lucrării:

1. Pregătim broasca spinală prin decapitare și o fixăm pe planșetă în decubit dorsal .

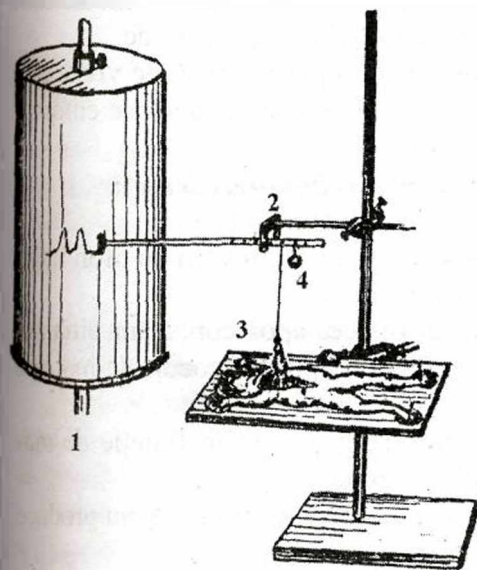


Fig. VII. 1. Instalația pentru înregistrarea cardiogramei:

1 – kimograf; 2 – levierograful Engelman; 3 – serfin; 4 – balansor.

2. Se descoperă cordul prin incizie în formă de „V” cu originea în partea inferioară a toracelui; se izolează de sacul pericardic și se secționează frâul inimii.

3. Serfinul cu ață prins de levierograful Engelman se fixează de apexul inimii.

4. Se apropie penița de înregistrare a levierografului Engelman lângă dispozitivul de înregistrare a kimografului. În regiunea de fixare a serfinului suspendăm balansorul, care ușurează lucrul inimii și mărește amplitudinea înscrierii (fig. VII. 1).

5. Apropiem penița de înregistrare de tamburul kimografului, pe care îl conectăm.

6. Mișcarea tamburului kimografului permite înregistrarea cardiogramei – fazele ciclului cardiac.

7. În procesul-verbal se anexează cardiograma, pe care se indică fazele ciclului cardiac.

Lucrarea nr. 2. Particularitățile excitabilității inimii. Extrasistola

Scopul lucrării. Demonstrarea experimentală a modificării excitabilității cardiomiocitelor în timpul ciclului cardiac.

Materiale și ustensile necesare: broască, trusă de vivisectie, kimograf, levierograf Engelman, serfin, balansor, ață, acc entomologice, planșetă, stimulator electric.

Tehnica lucrării (continuarea sarcinii precedente):

1. Înregistrăm cardiograma (vezi lucr.nr. 1).

2. Aplicăm dorsal la broască un electrod învelit cu tifon îmbibat cu soluție Ringer și conectat la stimulator.

3. Înregistrăm 2–3 cicluri cardiace, apoi conectăm circuitul electric excitant și cu al doilea electrod aplicăm șocuri de inducție pe ventricul.

4. Constatăm că apariția contracțiilor este în funcție de momentul de aplicare a stimulului și anume:

- stimulul aplicat în timpul sistolei ventriculare nu produce nici un răspuns la excitare;

- stimulul aplicat în diastola ventriculară produce o contracție suplimentară (extrasistolă) urmată de o perioadă mai mare de timp (pauză compensatorie) până la următoarea contracție;
- amplitudinea extrasistolei depinde de momentul aplicării excitantului: începutul sau sfârșitul diastolei.

Notă: pauza compensatorie postextrasistolică se explică prin aceea că stimulul fiziologic (generat de pacemaker-ul cardiac) surprinde cordul în contracție suplimentară (perioadă refractară absolută a extrasistolei), deci rămâne fără răspuns. Apare o pauză în activitatea inimii până la o nouă contracție determinată de un stimul fiziologic (Fig. VII.2).

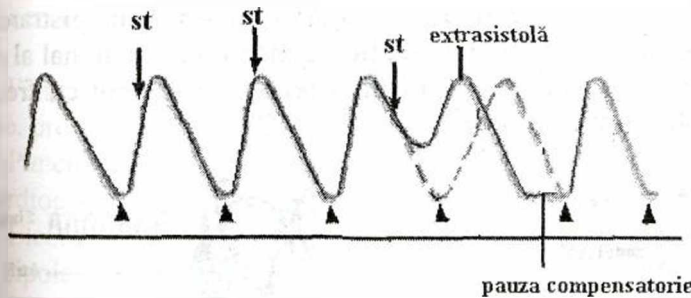


Fig. VII. 2. Schema înregistrării extrasistolei cu pauză compensatorie.

5. La procesul-verbal se anexează cardiograma, pe care se marchează extrasistola și pauza compensatorie. Se explică rolul fazei refractare pentru funcționarea inimii și originea pauzei compensatoare în extrasistola ventriculară.

Lucrarea nr. 3. Studierea gradului de automatism în diferite regiuni ale inimii la broască (experiența Stannius)

Scopul lucrării. Izolarea experimentală a structurilor sistemului exitoconductor pentru determinarea gradientului descendent al automatismului cardiac.

Materiale și ustensile necesare: broască, trusă de vivisecție, kimograf, levierograf Engelman, serfin, balansor, ață pentru ligaturi, ace entomologice, planșetă.

Tehnica lucrării:

1. Pregătim broasca pentru înregistrarea cardiogramei (vezi lucr. nr. 1).

2. Înscriem cardiograma normală și numărăm contracțiile inimii timp de un minut (Fig. VIII.3.A).

3. **Prima ligatură.** Se trece un fir de ață sub sinusului venos la limita dintre acesta și auricul. Se ligaturează obținând astfel izolarea totală a sinusului venos de restul inimii. Urmărim pe kimo- graf activitatea cordului (inima nu se contractă) și numărăm contracțiile sinusului venos (fig. VII.3 B).

4. **A doua ligatură.** Se aplică între atrii și ventricul pe inima ce conține prima ligatură. Kimograful continuă înregistrarea cardiogramei. Numărăm contracțiile segmentului funcțional al cordului timp de un minut. Comparăm rezultatul obținut cu frecvența contracției sinusului venos (fig. VII. 3 C).

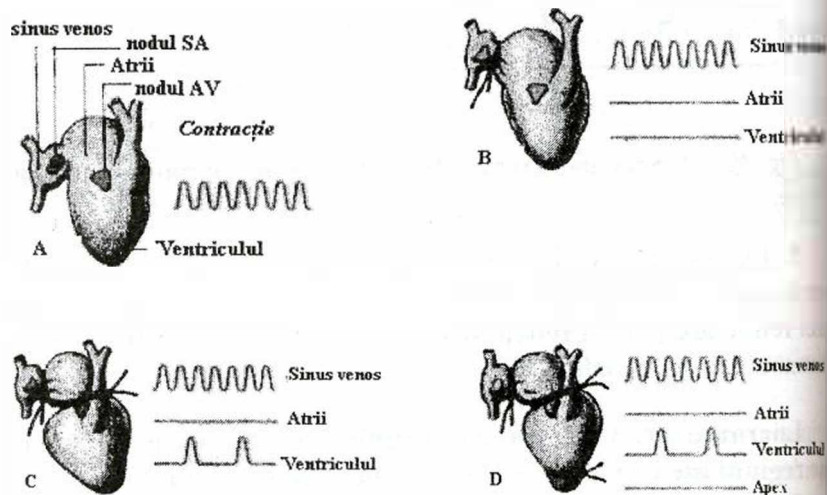


Fig. VII. 3. Ligaturile Stannius:

A - înregistrarea cardiogramei; B - I ligatură; C - a II-a ligatură; D - a III-a ligatură.

5. Aplicăm a **treia ligatură** pe treimea de jos a ventriculului. Observăm că apexul izolat al cordului se contractă numai la excitațiile mecanice sau electrice (fig. VII. 3 D).

6. În procesul-verbal se execută schema aplicării ligaturilor, se anexează kimogramele înregistrate și se notează numărul contracțiilor inimii până și după aplicarea fiecărei ligaturi.

Tema 2. Metodele clinico-fiziologice de cercetare a activității cardiace

Întrebări de control

1. Fenomenele mecanice în cursul ciclului cardiac, șocul apexian.
2. Fenomenele acustice în cursul ciclului cardiac. Zgomotele cardiace, proveniența lor.
3. Punctele optimale de auscultație a zgomotelor cardiace. Fonocardiograma. Sufluri cardiace, proveniența lor.
4. Electrocardiograma. Metodele de înregistrare a ECG. Derivațiile bipolare și unipolare.
5. Electrogeneza și caracteristica electrocardiogramei (unde, segmente, intervale). Axa electrică a inimii.
6. Tulburări de conducere (blocul atrioventricular incomplet și complet).
7. Tulburări de ritm (tahicardia paroxistică atrială și ventriculară, fibrilația ventriculară și atrială).

Lucrarea nr. 4. Auscultația inimii la om

Scopul lucrării. Auscultarea fenomenelor sonore (zgomote cardiace) ce apar în cursul activității cardiace și punctele optimale de auscultare a acestora.

Materiale și ustensile necesare: stetofonendoscop, persoana examinată.

Tehnica lucrării

Inițial este necesar de a deosebi *primul zgomot cardiac* de al *doilea zgomot* (primul zgomot începe după o pauză mai mare). Concomitent palpăm pulsul pe artera radială și auscultăm zgomotele inimii, astfel determinăm cărei faze a activității cardiace corespund. Cunoscând proiecția anatomică a valvulelor pe suprafața toracelui (Fig. VII.4), stabilim coincidența acestei proiecții cu punctul de auscultație maximă a zgomotelor. Putem ausculta zgomotele după un efort fizic (25 de așezări).

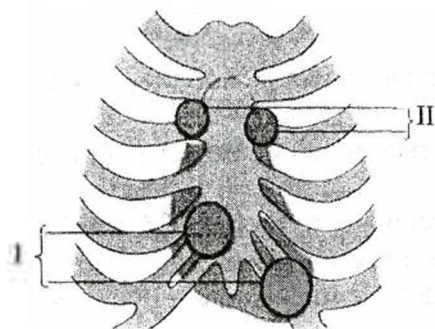


Fig. VII. 4. Proiecția toracică a punctelor de auscultație a inimii: I – punctele de auscultație a zgomotului întâi cardiac; II – punctele de auscultație a zgomotului doi cardiac.

În mod obișnuit, zgomotul produs de valvulele *bicuspidale* se aude mai bine în regiunea șocului apexian, de valvulele *tricuspidale* – în locul xifoidei, de valvulele *semilunare aortice* – în spațiul intercostal II drept, pe linia parasternală, iar zgomotul cauzat de valvulele *semilunare ale arterei pulmonare* se aude mai bine în spațiul intercostal II stâng, pe linia parasterinală.

Lurarea nr. 5. Electrocardiografia

Scopul lucrării: I) înregistrarea ECG;

II) analiza parametrilor principali ai ECG;

III) determinarea direcției axei electrice a inimii.

Materiale și ustensile necesare: electrocardiograf cu electrozi, tefon, soluție fiziologică, etc., examinatul.

Tehnica lucrării

I. Metodele de înregistrare a ECG

1.1 **Derivațiile standard (DS).** Sunt derivațiile *bipolare* ale membrilor, stabilite de W. Einthoven, care explorează activitatea inimii în plan frontal. Se utilizează 3 puncte de plasare a electrozilor (Fig. VII.5.B):

- membrul superior drept (**R** = right)
- membrul superior stâng (**L** = left)
- membrul inferior stâng (**F** = foot)

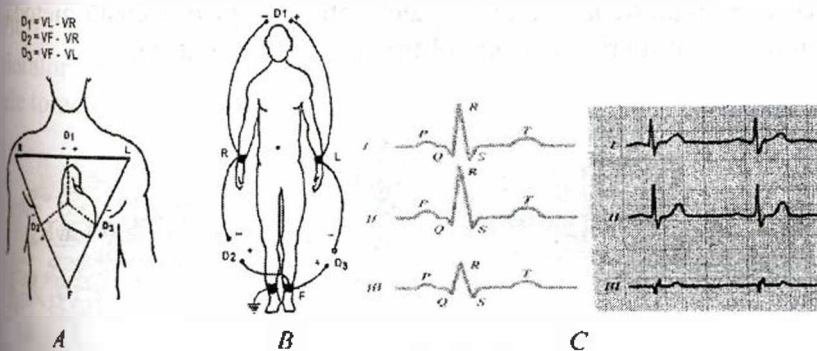


Fig. VII. 5. A – Triunghiul lui Einthoven și cele trei DS ca laturi ale acestui triunghi, cu zonele pozitive și negative; B – Derivațiile ECG standard și locurile de aplicare a electrozilor pentru obținerea lor; C – ECG în derivațiile standard (DS).

Notând cu **VR**, **VL** și **VF** potențialele punctelor respective, DS măsoară diferențele de potențial care iau naștere între două din aceste puncte după cum este arătat pe fig. VII. 5 A.

În reprezentare grafică, axele electrice ale celor trei DS sunt reprezentate de cele trei laturi ale unui triunghi echilateral, numit triunghiul lui Einthoven; inima, ca sursă electromotoare, este plasată în centrul acestui triunghi (fig. VII. 5 A).

Aplicând circuitul electric astfel format, cu ajutorul teoremei a doua a lui Kirchhoff se poate demonstra legea fundamentală a DS:

$$D2 = D1 + D3$$

I.11 **Derivațiile unipolare ale membrilor (DUM)** au electrozii plasați în aceleași poziții ca pentru obținerea DS (**R, L și F**). Sunt derivații **unipolare**, deoarece printr-un artificiu, unul din electrozi, considerat **indiferent**, înregistrează permanent un potențial electric nul; aparatul măsoară astfel potențialul cules de celălalt electrod (electrodul **explorator**).

Electrodul indiferent se obține prin metoda propusă de **Goldberger**, unind într-un punct electrozii celor două membre, diferite de electrodul explorator. Derivațiile obținute se notează **aVR, aVL și aVF** (fig.VII. 6). Indicele „a” (de la augmented = amplificat) se adaugă, deoarece potențialele obținute prin această metodă sunt mult mai mari decât cele obținute prin alte tehnici.

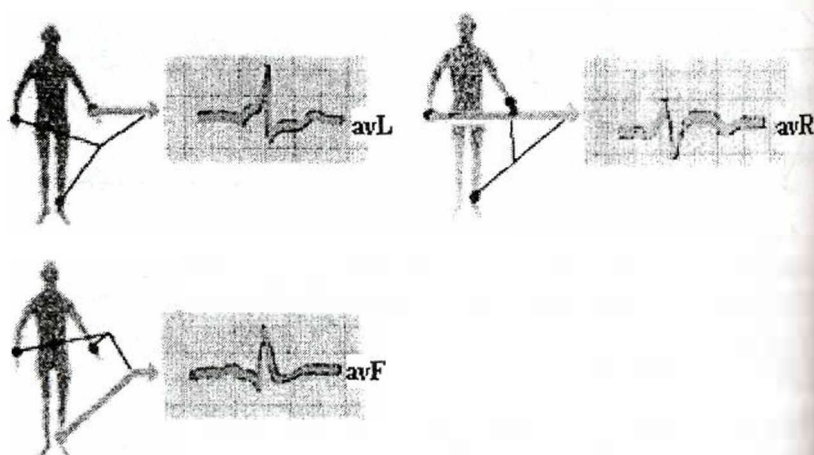


Fig. VII. 6. Modul de realizare a derivațiilor unipolare ale membrilor prin metoda Goldberger (aVR, aVL, aVF).

Din teoremele lui Kirchhoff se poate deduce legea fundamentală a DUM:

$$VR + VL + VF = 0$$

Axele DUM sunt perpendiculare pe cele ale DS, trecând prin punctele de plasare ale electrozilor exploratori. În acest mod, în triunghiul lui Einthoven se mai introduce un sistem de trei axe, ceea ce permite analiza vectorului electric în planul frontal într-un sistem hexaaxial (fig. VII. 7).

I.III Derivațiile toracice (DT), numite și derivații precordiale, explorează activitatea inimii într-un plan orizontal, fiind derivații unipolare.

Electrodul indiferent se obține prin metoda propusă de Wilson, unind într-un singur punct, numit *bornă centrală terminală* (BCT), electrozii de la cele trei membre, R, L și F. Electroful explorator se plasează în anumite puncte convenționale de pe perețele toracic anterior, notate de la V1 la V6 (fig. VII. 7).

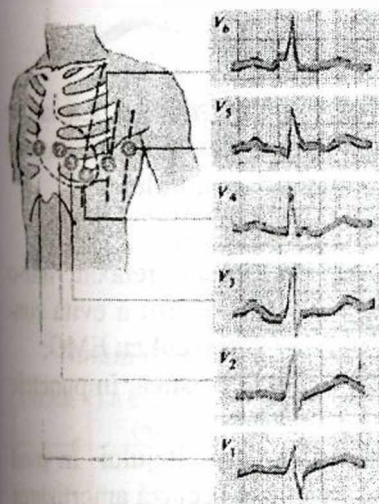


Fig. VII. 7. Modul de realizare a derivațiilor toracice unipolare și locul de plasare al electrozilor exploratori pe fața anterioară a toracelui.

- V1 – spațiul intercostal IV, parasternal drept;
- V2 – spațiul intercostal IV, parasternal stâng;
- V3 – la mijlocul distanței dintre V2 și V4;
- V4 – spațiul intercostal V, pe linia medioclaviculară;
- V5 – spațiul intercostal V, pe linia axilară anterioară;
- V6 – spațiul intercostal V, pe linia axilară medie.

Axul DT pornește din centrul electric al inimii, oprindu-se pe fața anterioară a toracelui, sub electroful explorator.

INREGISTRAREA ELECTROCARDIOGRAMEI

Electrocardiograful, aparatul folosit pentru înregistrarea activității inimii, este format din următoarele componente:

- **sistemul de preluare a semnalului**, cuprinzând *electrozii*, *cablurile* de conectare la persoana examinată și un *bloc de intrare* care conține rezistențele necesare pentru construcția diverșelor derivații unipolare. *Electrozii* sunt plăcuțe metalice, învelite în tifon, umezit cu soluție fiziologică. Culoarele cablurilor pentru electrozii membrelor sunt standardizate astfel:
 - Roșu – pentru mâna dreaptă;
 - Galben – pentru mâna stângă;
 - Verde – pentru piciorul stâng;
 - Negru – pentru piciorul drept.
- **sistemul de amplificare a semnalului**;
- **sistemul de afișare a semnalului** pe hârtie milimetrică sau pe osciloscop catodic. Înregistrarea se poate face pe unul sau mai multe canale simultan, în funcție de tipul aparatului.

Tehnica de înregistrare este următoarea:

- examinatul este culcat în decubit dorsal, relaxat, într-o cameră cu temperatură de confort (18–22°C), pentru a evita contracțiile musculare anormale, care parazitează traseul cu EMG;
- se fixează electrozii stabil, cu o bandă elastică, în punctele menționate;
- se înregistrează *curba de etalonare* a voltajului. În mod uzual $1\text{mV}=10\text{ mm}$. De pe această curbă se apreciază amortizarea aparatului;
- se înregistrează electrocardiograma pe rând în fiecare derivație. Viteza de derulare a hârtiei este în mod obișnuit de 25 mm/sec (deci $1\text{ mm}=0.04\text{ sec}$).

II. Bazele de analiză a ECG

Analiza ECG se efectuează în baza înregistrărilor din derivația II standard:

- Determinarea amplitudinii undelor P, Q, R, S, T, reieșind din calibrarea aparatului (1 mV = 10 mm).
- Determinarea duratei undelor și intervalelor P - Q, Q - T, T - P, R - R (25 mm/s) (Fig.VII.8).

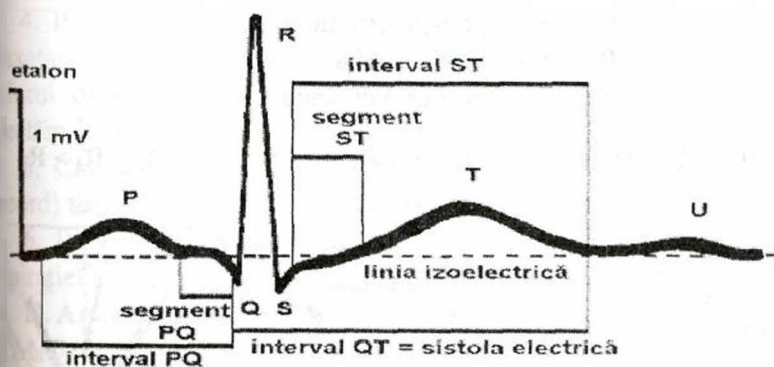


Fig. VII.8. Interpretarea ECG.
Elementele morfologice ale unei ECG.

Tabelul VII.1

Notăm datele obținute în tabel și le comparăm cu norma:

| Undele | La examinat (mV) | Norma | Segmente intervale | La examinat | Norma (secunde) |
|--------|------------------|-----------|--------------------|-------------|-----------------|
| P | | 0,05-0,3 | P-Q | | 0,12-0,2 |
| Q | | 0,2-0,3 | Q-T | | 0,32-0,50 |
| R | | 0,3-1,6 | T-P | | 0,25-0,52 |
| S | | 0,26-0,48 | R-R | | 0,7-1,3 |
| T | | 0,25-0,6 | | 60 | 45-82 |
| | | | FCC = | | |
| | | | R-R | | |

III. Determinarea poziției inimii – metoda triunghiului echilateral.

Rezultanta tuturor vectorilor ce apar în cursul ciclului de depolarizare ventriculară constituie *axa electrică a cordului*.

Vectorul, ce constituie axa electrică, poate fi proiectat pe laturile triunghiului Einthoven, proiecția acesteia pe laturile triunghiului coincide cu amplitudinea undei R în derivațiile standard.

Rezultatul poate fi citit conform relației ce urmează (fig. VII. 9):

1. $R_2 > R_1 > R_3$ – poziție oblică.
2. $R_1 > R_2 > R_3$ – poziție orizontală.
3. $R_2 \geq R_3 > R_1$ – poziție verticală.

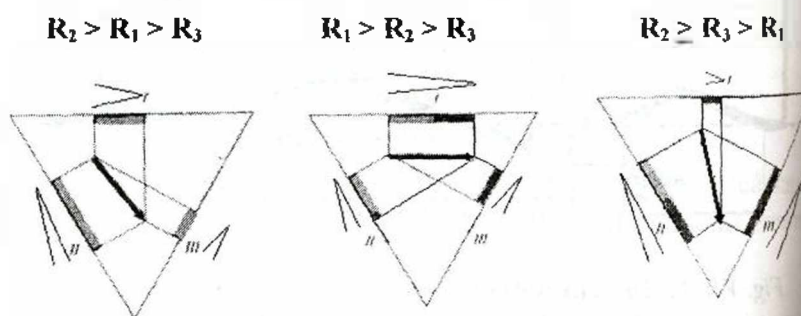


Fig. VII. 9. Proiecția vectorului sumar pe laturile triunghiului Einthoven.

În procesul-verbal se anexează ECG, se notează rezultatul analizei în tabel și se compară cu norma. Se execută schișă proiecțiilor vectorului sumar (fig. VII.9) și se stabilește poziția cordului la persoana examinată.

Lucrarea nr. 6. Înregistrarea ECG cu sistemul de achiziție BIOPAC

Scopul lucrării. Înregistrarea și analiza ECG în cele trei derivații standard. Studiarea modificărilor ECG la schimbarea poziției corpului și respirației.

Materiale și ustensile necesare: calculator cu softul Biopac Student Lab 3.7, unitatea de achiziție MP35/30, cablu SS2L și electrozi.

I. Tehnica înregistrării:

1. Conectăm calculatorul.
2. Unim cablul SS2L în canalul 2 (CH2) din unitatea de achiziție.
3. Pornim unitatea de achiziție MP35/30.
4. Plasăm electrozii la persoana examinată în poziție culcată, relaxată: pe mâna dreaptă (culoarea albă); piciorul stâng (roșu) și piciorul drept (negru) Startăm programul Biopac Student Lab, selectăm lecția L05-ESG-1 și denumim fișierul.
5. Calibrăm (click Calibrate) și începem înregistrarea (click Record) timp de 20 sec în poziție culcată, oprim (click Suspend).
6. Repetăm înregistrarea în poziție așezat cu modificarea respirației (ritmul și amplitudinea), relaxat și după efort fizic.

II. Analiza rezultatelor (conform datelor din derivația II STANDART)

1. Alegem parametrii de analiză pentru canalul CH2: ΔT – intervalul de timp în aria selectată; BMP – cicluri pe minut; **Amplitudine** – diferența de amplitudine între primul și ultimul punct al ariei selectate; **max** – amplitudinea maximă în aria selectată.
2. Selectăm aria între două unde R-R succesive (Fig. VII.10), cu cursorul **I-Beam** și înregistrăm ΔT și **BMP** în trei intervale diferite. Se analizează segmentele înregistrărilor efectuate în condițiile propuse anterior, rezultatele se notează în registru.
3. Măsurăm durata: undelor P,T, a intervalelor PR, QT, ST și a complexului QRS; amplitudinea: undelor P, T și complexului QRS. pentru trei cicluri, utilizând cursorul I-Beam și datele boxelor de măsurare. Rezultatele se notează în tabelul din raportul de date și se trag concluzii.

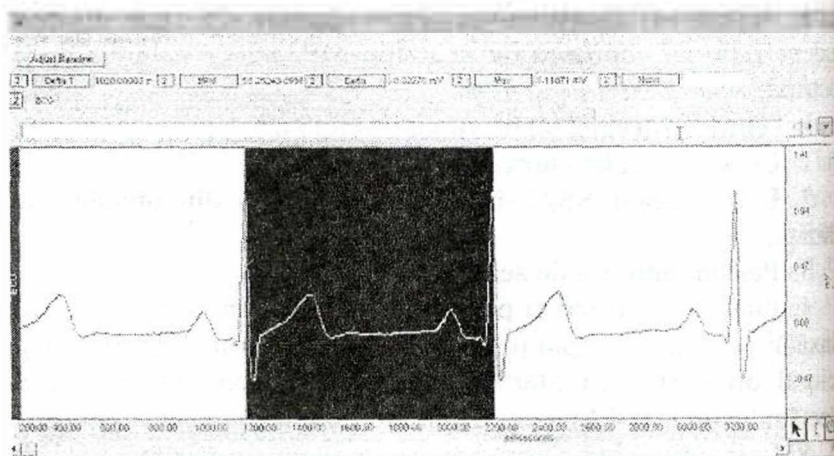


Fig VII. 10. Aria selectată între două unde R-R.

Lucrarea nr. 7. Înregistrarea ECG și pulsului arterial (fotopletizmografia) cu sistemul de achiziție BIOPAC

Scopul lucrării. Înregistrarea și analiza ECG și pletizmo-gramei; determinarea vitezei unde pulsative; analiza modificării unde pulsative în diferite condiții experimentale.

Materiale și ustensile necesare: calculator cu softul Biopac Student Lab 3.7, unitatea de achiziție MP35/30, cablu SS2L și electrozi, transductorul fotoelectric SS4LA.

1. Tehnica înregistrării:

1. Conectăm calculatorul.
2. Unim cablul SS2L la canalul 1 (CH1), transductorul fotoelectric la canalul 2 (CH2) din unitatea de achiziție.
3. Pornim unitatea de achiziție MP35/30.
4. Plasăm electrozii pe subiect: pe mâna dreaptă (culoarea albă); piciorul stâng (roșu) și piciorul drept (negru); transductorul fotoelectric pe indicele mâinii drepte (fig. VII. 11), examinatul se află în poziție așezat, relaxat, cu mâinile plasate pe suport.
5. Startăm programul Biopac Student Lab, selectăm lecția L07-ESG&P-1 și denumim fișierul.

6. Calibrăm (click Calibrate) și începem înregistrarea (click Record) timp de 15 sec.

7. Repetăm înregistrarea: 1) plasând mâna stângă într-un vas cu apă caldă/rece (30 sec); 2) ridicând mâna dreaptă sus (60 sec).

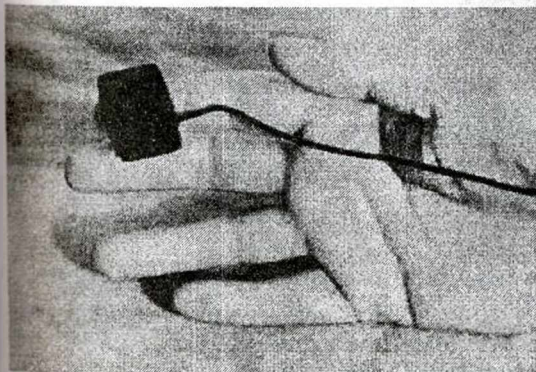


Fig. VII. 11 Amplasarea transductorului fotoelectric.

II. Analiza rezultatelor:

1. Alegem parametrii de analiză pentru canalul CH1 (ECG): ΔT – intervalul de timp în aria selectată; BMP – frecvența; PP – diferența de amplitudine între valoarea maximă și minimă a semnalului; și CH 40: Puls – PP.

2. Cu ajutorul cursorului I-Beam selectăm aria între două unde RR succesive; repetăm selectarea pentru undele pulsative. Măsurările se efectuează pentru toate segmentele de date (Fig. VII.12).

3. Selectăm unde pulsative separate pentru determinarea amplitudinii acestora, la fel selectăm aria între unda R și picul unei pulsative.

4. Efectuăm analiza parametrilor enumerați pentru toate segmentele selectate și în toate condițiile expuse.

5. Rezultatele obținute se notează în tabelul din raportul de date și se trag concluzii.

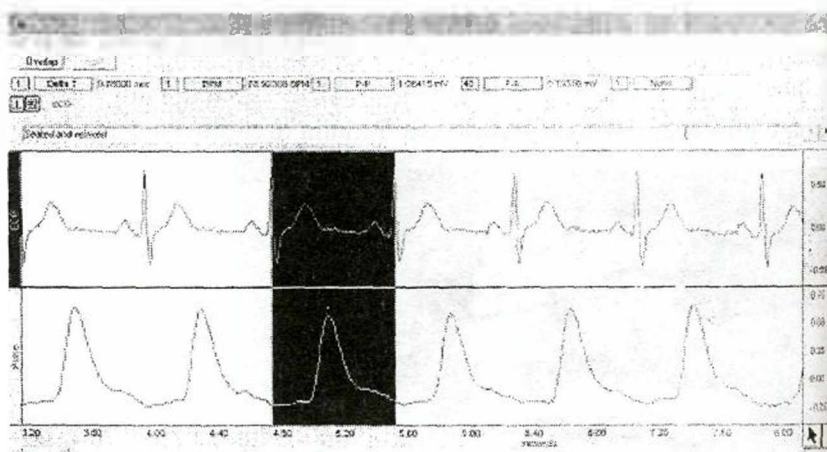


Fig VII. 12. Aria selectată între două unde R-R.

Metodă de instruire bazată pe analiza problemei (caz clinic)

O femeie în vârstă de 48 ani cu palpitații

În cabinetul medicului

O pacientă în vârstă de 48 ani, d-na Codreanu, lucrătoare la oficiul poștal, s-a adresat la medic pentru prima dată și acuză senzații neplăcute în regiunea inimii sub formă de palpitații. Periodic prezintă fatigabilitate, vertij ușor. Simptomele au apărut acum 14 zile.

Întrebarea 1. Ce întrebări ar trebuie să adresați pacientei?

Informație nouă despre pacientă

Unul din studenții-profesori citește răspunsul pacientei din Notă (1). Un alt student-profesor notează cele mai importante date pe tablă.

Întrebarea 2. Definiți palpitațiile și încercați să explicați cauzele apariției lor.

Informație nouă despre pacientă

Unul din studenții-profesori citește datele suplimentare despre pacientă din Notă (2). Un alt student-profesor notează cele mai importante date pe tablă.

Întrebarea 3. Alcătuiți o listă de maladii, în care se întâlnesc dereglările cardiace ce cauzează palpitații. Puteți exclude unele maladii, reieșind din anamneză.

Întrebarea 4. Care este cea mai probabilă stare ce a provocat palpitațiile și care este cauza apariției acestora?

Întrebarea 5. Care este diagnosticul cel mai probabil?

Întrebarea 6. Ce investigații sunt necesare pentru confirmarea diagnosticului?

Întrebarea 7. Cum veți explica diagnosticul pacientei?

Joc de roluri

Diagnosticul stabilit este adus la cunoștința pacientei. Cu acest scop unul dintre studenți joacă rolul medicului, altul rolul pacientei. Încercați să explicați cauza bolii într-un limbaj accesibil. Ceilalți studenți pot să-și expună opiniile ulterior. Formulați recomandări pacientei.

Întrebarea 8. Unul din studenți recapitulează cazul în 1-2 minute. Expunerea sumară trebuie să demonstreze că obiectivele acestui caz au fost atinse.

Tema 3. Reglarea activității cardiace

Întrebări de control

1. Mecanismele de reglare neuro-umorală a activității cardiace.
2. Mecanismele intrinseci de reglare a volumului sistolic (heterometric și homeometric).

3. Mecanismele extrinseci de reglare a activității cardiace. Influența sistemului simpatic și parasimpatic asupra proprietăților mușchiului cardiac.

4. Influența reflexelor exteroceptive asupra inimii (reflexul Holtz, Dagnini-Aschner). Rolul zonelor reflexogene intracardiace și intravasculare asupra activității cardiace.

5. Reglarea umorală a activității cardiace. Efectele adrenalinice, acetilcolinei, ionilor de K^+ și Ca^{++} asupra funcției cardiace.

Lucrare nr. 8. Experiența Holtz

Scopul lucrării. Stabilirea influenței reflexe de la receptorii și fibrele senzitive ale nervului vag, situate în cavitatea abdominală, asupra activității cordului.

Materiale și ustensile necesare: broască, trusă de vivisecție, baghetă de sticlă, planșetă.

Tehnica lucrării:

1. Decapităm broasca și o fixăm pe planșetă în decubit dorsal.

2. Denudăm inima și numărăm contracțiile cardiace.

3. Cu o baghetă de sticlă sau pensetă efectuăm 2-3 lovituri la nivelul abdomenului, apoi numărăm frecvența contracțiilor cardiace timp de 1 min. Putem observa stop cardiac temporar. Repetăm experimentul de câteva ori.

4. În procesul-verbal se descriu modificările depistate în activitatea cordului și se explică mecanismele lor.

Lucrare nr. 9. Influența excitării trunchiului vagosimpatic asupra activității cordului

Scopul lucrării. Studiarea acțiunii antagoniste a fibrelor vegetative simpatice și parasimpatice asupra activității inimii și stabilirea fenomenului de „scăpare” a cordului de sub influența vagului.

Materiale și ustensile necesare: broască, kimograf, stimulator electric, electrozi, trusă de vivisecție, planșetă, soluție Ringer, eprubetă.

Tehnica lucrării:

1. Imobilizăm broasca și o fixăm pe planșetă în decubit dorsal.
2. Conectăm circuitul electric excitant pentru stimularea trunchiului vagosimpatic.
3. Deschidem cavitatea toraco-abdominală, denudăm cordul, secționăm claviculele efectuând o incizie până la marginea inferioară a maxilarului.
4. Pentru a ridica peretele posterior al esofagului introducem o eprubetă prin cavitatea bucală până la stomac.
5. Fibrele divergente ale nervilor sublingual și glosofaringian se observă bine în regiunea dintre maxilarul inferior și claviculă. Posterior acestora, pe peretele dorsal al esofagului, se află fasciculul vasoneros format din trunchiul mixt al nervului vag cu nervul simpatic.
6. Ligaturăm trunchiul vagosimpatic. Scoatem eprubeta. (fig. VII.13).
7. Fixăm apexul cordului în serfin și îl unim la levierograf.
8. Ridicăm fasciculul vasoneros ligaturat și plasăm sub el electrozii excitanți. Conectăm instalația și înregistrăm cardiograma.
9. Excităm trunchiul vagosimpatic timp de 20s continuând înregistrarea.



Fig. VII. 13. Fasciculul vasoneros la broască:
1 - nervul glosofaringian;
2 - nervul sublingual;
3 - fasciculul vasoneros;
4 - cordul; 5 - bifurcația aortei.

10. Observăm schimbarea cardiogramei după excitație (modificarea amplitudinii și frecvenței contracțiilor cardiace).

11. Urmează fenomenul „scăpării” inimii de sub acțiunea nervului vag. Pentru a stabili acest fenomen, continuăm excitarea nervului după oprirea inimii (restabilirea ritmului cardiac).

12. Se notează rezultatele, se anexează cardiograma și se explică mecanismele fenomenelor observate.

LABORATOR VIRTUAL

2. SimHEART. STUDIUL PROPRIETAȚILOR FUNDAMENTALE ALE INIMII

1.1. Aspecte teoretice

SimHEART este un program de simulare pe calculator a experimentelor efectuate pe inima de șobolan, izolată prin *metoda Langendorff*, privind proprietățile fundamentale ale inimii:

- automatismul;
- excitabilitatea (batmotropism);
- conductibilitatea (dromotropism);
- ritmicitatea (cronotropism);
- contractilitatea (inotropism);
- tonicitatea (tonotropism).

Programul permite înregistrarea grafică a variațiilor de presiune din ventriculul stâng și obținerea unei *cardiomecanograme* analizată cu ajutorul parametrilor: *frecvența, amplitudinea și poziția față de linia diastolică*.

Modificarea specifică a acestor parametri permite evaluarea efectelor diverselor substanțe asupra proprietăților inimii.

■ **Variațiile de frecvență** – semnifică efecte asupra automatismului, cronotropismului, batmotropismului și dromotropismului:

- creșterea frecvenței – efect pozitiv
- scăderea frecvenței – efect negativ

- **Variațiile de amplitudine** – semnifică efecte asupra **inotropismului**:
 - creșterea amplitudinii – efect pozitiv
 - scăderea amplitudinii – efect negativ
- **Modificarea poziției graficului față de linia diastolică** – semnifică efectele asupra **tonotropismului**:
 - supradenivelarea – efect pozitiv
 - subdenivelarea – efect negativ
- **Substanțele introduse în experimentul SimHEART sunt:**
- **Epinefrina (EPI)** – mediator al simpaticului, agonist β_1 – adrenergic;
- **Acetilcolina (ACH)** – mediator al parasimpaticului, agonist M_2 – colinergic;
- **Propranolol (PRO)** – blocant al receptorilor β – adrenergici;
- **Fentolamina (PHE)** – blocant al receptorilor α – adrenergici;
- **Atropina (ATR)** – blocant al receptorilor colinergici;
- **Verapamil (VER)** – blocant al canalelor de Ca^{+2} membranare.
- **Metoda Langendorff** permite introducerea simultană în experiment a substanțelor cu efecte antagonice asupra proprietăților inimii. În acest sens putând fi studiate două mecanisme:
 - **inhibiția competitivă**
 - **epinefrina și propranololul** – pentru receptorii β_1 – adrenergici
 - **acetilcolina și atropina** – pentru receptorii M_2 – colinergici
 - **antagonismul funcțional**
 - **epinefrina** – \uparrow AMPc, \uparrow influxul de Ca^{2+} depolarizant, \uparrow Ca^{2+} , crește potențialul maxim diastolic;
 - **acetilcolina** – \downarrow AMPc, \uparrow efluxul de K^+ hiperpolarizant, \downarrow Ca^{+2} , scade potențialul maxim diastolic.

1.2. Organizarea laboratorului SimHEART

Laboratorul SimHEART cuprinde componentele prezentate în fig. VII. 14 :

- **Sistemul de fixare și perfuzare a inimii izolate** – inima izolată și canulată la nivelul aortei este fixată de un sistem de perfuzare permanentă cu soluție Krebs oxigenată, cu debit constant de 10 ml/min și la temperatura de 37°C. Prin aceeași canulă ajung în inima izolată substanțele utilizate în experiment.
- **Traductorul de presiune** este conectat cu ventriculul stâng prin intermediul unui cateter. Traductorul înregistrează variațiile de presiune din ventriculul stâng, pe care le amplifică și în același timp le transformă în semnale electrice, redată grafic cu ajutorul sistemului de înregistrare.
- **Perfuzorul** prezintă două locuri de plasare a eprubetelor. Când se utilizează consecutiv două substanțe, prima eprubeta se plasează întotdeauna în locul din dreapta. Fiecare loc permite stabilirea debitului substanței ($\mu\text{l}/\text{min}$) și are trei poziții de funcționare: *pregătire* (activare buton săgeata verticală \rightarrow bec culoare verde), *activare* (activare buton cu săgeata orizontală), *oprire* (activare buton STOP).

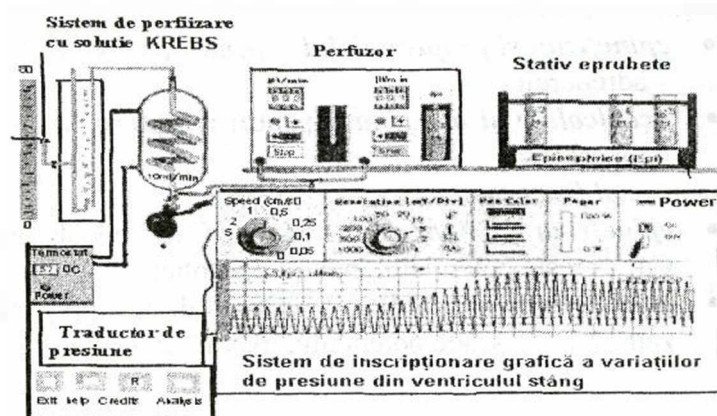


Fig. VII. 14. Laboratorul Sim HEART.

Pentru stabilirea debitului de perfuzie a substanței (D_s), trebuie cunoscute molaritatea inițială (M_i) și molaritatea finală dorită (M_f) a soluției la nivelul inimii, știind că aceasta este perfuzată continuu cu o soluție Krebs cu debit constant de $10 \text{ ml/min} = 10^4 \mu\text{l/min}$ (D_c).

$$M_i \times D = M_f \times D_c$$

Dacă se pornește de la o soluție inițială cu $M_i = 10^{-3} \text{ M}$ și se modifică D_s , putem obține următoarele valori M_f , respectând formula:

$$M_f = M_i \times D_s \times 10^{-4}$$

| M_i | $D_s(\mu\text{l/min})$ | M_f |
|-----------|------------------------|-----------|
| 10^{-3} | 1 | 10^{-7} |
| | 10 | 10^{-6} |
| | 100 | 10^{-5} |

- **Stativul cu eprubete** cuprinde substanțele ce pot fi utilizate pentru experiment în diverse concentrații inițiale (M_i). Pentru a ușura munca în laborator, toate substanțele utilizate au concentrația inițială de 10^{-3} M .
- **Sistemul de înregistrare** permite înregistrarea în timp real a modificărilor induse de utilizarea diverselor substanțe. Prezintă un sistem de etalonare a înregistrării ca viteză (*Speed* – cm/s) și amplitudine (*Resolution* – mV/Div), precum și un sistem de schimbare a culorii peniței (*Pen Color*) care poate fi utilizat atunci când se studiază interacțiunea între două substanțe. Cu ajutorul butonului *POWER On/Off* sistemul de înregistrare se pornește când se înregistrează efectele unei substanțe și se oprește când inima trebuie "spălată" de substanțele introduse în experiment. Cu ajutorul *cursorului* vertical plasat la marginea din dreapta a sistemului de înregistrare se stabilește poziția liniei diastolice a înregistrării.

1.3. Pregătirea experimentului SimHEART

- **OSCILOSCOP** – se etalonează înregistrarea pentru **1 cm/sec**
5 mV/div
- **STATIV CU EPRUBETE:**
 - se alege eprubeta cu soluția dorită, cu concentrația de $10^{-3}M$, și se plasează în locul din dreapta al perfuzorului;
 - dacă se utilizează și a doua substanță, aceasta se plasează în locul din stânga al perfuzorului;
 - se stabilește debitul (1, 10 sau 100 $\mu l/min$) pentru fiecare substanță conform protocolului de lucru;
 - se pregătește perfuzorul (lumina roșie \rightarrow lumină verde).

1.4. Înregistrarea

- se alege culoarea dorită pentru inductor (albastru, negru, roșu sau galben);
- se pornește osciloscopul (*POWER/ON*);
- la începutul fiecărei etape trebuie înregistrat un scurt traseu de repaus;
- se activează perfuzorul (butonul cu săgeata verticală) cu substanța dorită;
- se așteaptă obținerea efectului și stabilizarea traseului;
- se oprește **OBLIGATORIU** administrarea substanței (*STOP*) și înregistrarea traseului (*POWER/OFF*). Această manevră se repetă după fiecare etapă deoarece soluția Krebs care perfuzează permanent inima izolată, trebuie să "spele" substanța utilizată.

1.5. Analiza

Se efectuează imediat după fiecare experiment:

- se activează tasta *ANALYSIS*;
- cu ajutorul butonului din stânga al mouse-ului, care se ține apăsat, se "trage" de înregistrare până la segmentul dorit;
- se determină FC (nr. vârfuri pe 5 diviziuni x 12) și amplitudinea (10 mm Hg/diviziune);

- se notează valorile obținute în tabelul corespunzător, precum și observațiile privind efectele asupra proprietăților inimii și interacțiunea dintre substanțe;
- pentru revenirea la etapa de înregistrare se activează tasta *Lab*;

Notă. Rezultatele obținute la administrarea **substanțelor enumerate în experimentul SimHEART** se notează sub formă de tabel (separat pentru fiecare substanță sau la interacțiune între ele). Pentru fiecare substanță se indică concentrația, debitul stabilit și molaritatea utilizată **Mf**.

EPI 10^{-3} M cu debit 1 μ l/min \rightarrow 10^{-7} M

| Condiții | FC (b/min) | Amplitudine (mm Hg) | Denivelare (mm Hg) |
|-----------------|---------------|------------------------|-----------------------|
| Repaus | | | |
| EPI 10^{-7} M | | | |

Se completează tabelul cu concluziile finale și se răspunde la întrebări (vezi p.113).

CONCLUZII FINALE

Completați tabelul folosind notările, (+) – efect de stimulare; (-) – efect de inhibiție; (x) – fără efect. Trageți concluzii.

| Substanța | Cronotropism | Tonotropism | Inotropism |
|----------------------|--------------|-------------|------------|
| <i>Epinefrina</i> | | | |
| <i>Acetilcolina</i> | | | |
| <i>Propranololul</i> | | | |
| <i>Atropina</i> | | | |
| <i>Verapamilul</i> | | | |
| <i>Fentolamina</i> | | | |

Tema 4. Fiziologia vaselor sangvine. Reglarea circulației regionale

Întrebări de control

1. Legile hemodinamicii care condiționează circulația sângelui prin vase. Viteza liniară și volumetrică a circulației sanguine. Viteza liniară în diferite regiuni ale patului vascular.

2. Presiunea arterială, factorii ce o determină. Metodele de determinare a presiunii arteriale (sângeroasă și asângeroasă). Analiza curbei presiunii arteriale.

3. Pulsul arterial, geneza lui. Sfigmografia. Presiunea venoasă, pulsul venos, geneza lui, flebograma. Factorii circulației venoase.

4. Particularitățile morfofuncționale ale capilarelor. Rolul microcirculației în schimbul de lichid și substanțe dintre sânge și țesuturi.

5. Schimbul de lichide la capătul arterial și venos al capilarelor. Echilibrul Starling în capilare. Rolul fiziologic al anastomozelor artero-venoase.

6. Reglarea circulației regionale (locale) a sângelui. Controlul rapid și pe termen mediu și lung al fluxului sangvin local. Factorul de relaxare al endoteliului. Rolul adrenoreceptorilor alfa și beta. Substanțele vasoconstrictoare și vasodilatatoare.

7. Reglarea nervoasă a tonusului vascular. Centrul vasomotor. Rolul zonelor reflexogene intracardiace și intravasculare.

8. Reflexele depresore: Haymans, Holtz, Dagnini-Aschner, Bainbridge, Cushing și influența cortexului cerebral asupra centrului vasomotor.

9. Reglarea umorală a circulației sistemice.

10. Circulația coronară. Controlul nervos al debitului sangvin coronarian.

11. Sistemul limfatic. Formarea limfei, componenta, rolul ei. Circulația limfei. Capilarele limfatice și permeabilitatea lor. Importanța sistemului și ganglionilor limfatici.

Lucrarea nr. 10. Particularitățile microcirculației în organe și țesuturi

Scopul lucrării. Stabilirea particularităților funcționale ale microcirculației în limbă, mezenteriu, plămâni, membrana înotătoare.

Materiale și ustensile necesare: microscop, planșetă specială, vată, ace entomologice, soluție Ringer, eter, broască.

Tehnica lucrării:

1. Observarea circulației în vasele pulmonare.

Narcotizăm broasca cu eter. Printr-o incizie laterală a cutiei toracice mai jos de fosa axilară, scoatem plămânul la suprafață. Fixăm broasca pe planșetă cu partea abdominală în jos, extindem și fixăm plămânul deasupra orificiului planșetei. Privim la microscop rețeaua de capilare situată în jurul alveolelor. Remarcăm viteza fluxului sângelui și schimbarea configurației eritrocitelor în timpul trecerii lor prin capilare.

2. Observarea circulației în vasele mezenterului

Aceeași broască o fixăm în decubit dorsal. Lateral, prin incizie, deschidem abdomenul broaștei. Scoatem o ansă a intestinului subțire împreună cu mezenteriu. Irigăm bine mezenteriu cu soluție Ringer, îl extindem și îl fixăm deasupra orificiului planșetei. Atragem atenția la distribuția anatomică a arteriolelor, venulelor și capilarelor. Viteza fluxului sangvin în diferite porțiuni ale patului vascular variază. Viteza eritrocitelor va fi mai mare în arteriole comparativ cu cea din venule. În mezenteriu numărul capilarelor este mult mai mic decât în plămâni și membrana înotătoare, iar mișcarea eritrocitelor este mult mai lentă.

3. Observarea circulației sangvine în vasele din limbă.

Fixăm broasca, extindem și fixăm limba deasupra orificiului planșetei. Umectăm limba cu soluție Ringer și o studiem la microscop. Observăm vase de diferite dimensiuni.

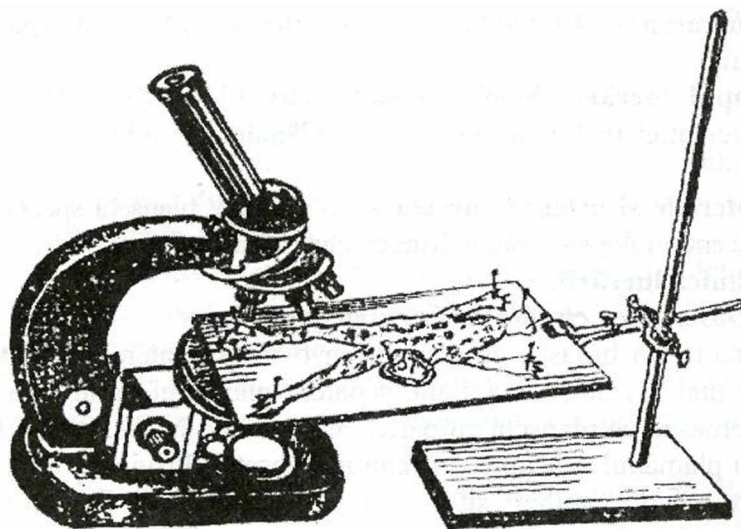


Fig.VII. 15. Schema instalației pentru studierea microcirculației în țesuturi.

4. În mod analog cercetăm vasele membranei înotătoare (Fig.VII.15).

5. În procesul-verbal se enumeră particularitățile fluxului sanguin în diferite vase și se trag concluzii.

Notă. Studiarea circulației în vase o efectuăm la mărirea mică a microscopului.

Observările asupra microcirculației pot fi completate cu studierea acțiunii substanțelor vasoconstrictoare și vasodilatatoare. Pentru aceasta folosim următoarele soluții: adrenalină (1:1000), acetilcolină (1:10000), histamină (1:1000), soluție Ringer și pipete. La mărirea mică a microscopului observăm fluxul sanguin. Apoi pe membrana înotătoare (sau pe altă porțiune studiată) picurăm histamină (sau altă substanță cu proprietăți similare). Vom evidenția schimbarea lumenului vaselor și devieri în viteza liniară a sângelui. După aplicarea fiecărei substanțe porțiunea experimen-

tată se spală cu soluție Ringer, după aceea se aplică o altă substanță etc.

Lucrarea nr. 11. Măsurarea presiunii arteriale prin metoda Riva – Rocci (metoda palpatoare)

Scopul lucrării. Perceperea primei pulsații a arterei radiale la decompresia lentă a manșetei, aplicate în jurul brațului, pentru a măsura numai presiunea sistolică

Materiale și ustensile necesare: un sfigmomanometru, persoana examinată.

Tehnica lucrării:

1. Sfigmomanometrul este compus din următoarele elemente: manșetă, furtun de cauciuc cu pară de cauciuc, manometru. Furtunul unește manșeta cu manometrul. Cu ajutorul parei în manșetă se pompează aer, presiunea căruia este fixată de manometru.

2. Pe brațul examinatului aplicăm manșeta. Pompăm în ea aer până când presiunea va deveni mai mare decât presiunea arterială maximă. Totodată palpăm pulsul în *a. radialis*. Pulsația în acest vas dispare (Fig. VII.16).

3. Decomprimăm manșonul lent și progresiv prin deschiderea supapei.

4. Fixăm indicațiile manometrului în momentul apariției pulsului. Aceasta se observă atunci când presiunea aerului în manșetă devine ceva mai mică decât presiunea maximală a sângelui în vas și unda pulsatilă se propagă prin el.

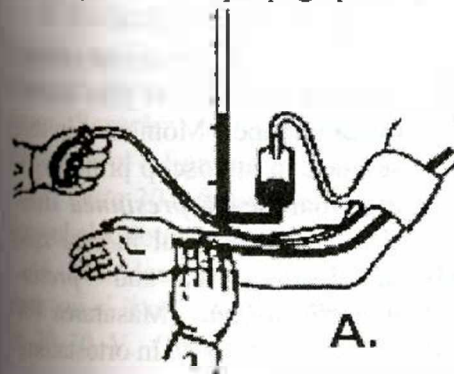


Fig. VII. 16. Măsurarea presiunii arteriale prin metoda Riva – Rocci (palpatoare).

5. Indicațiile manometrului în acest moment vor corespunde cu presiunea maximală (sau sistolică). În procesul-verbal se descrie metoda folosită și se notează valoarea presiunii sistolice.

Lucrarea nr. 12. Măsurarea presiunii arteriale prin metoda Korotkoff (metoda auscultatorie)

Scopul lucrării. Perceperea cu stetoscopul plasat în plica cotului a zgomotului ce apare la decompresia lentă a manșetei datorită circulației turbulente a sângelui

Materiale și ustensile necesare: sfigmomanometru, stetofonendoscop, persoană examinată.

Tehnica lucrării:

1. Se aplică manșeta aparatului în jurul brațului, astfel ca marginea inferioară să se afle la 2–3 cm deasupra plicii cotului. Lățimea manșetei trebuie să fie de cel puțin 12 cm și ea nu trebuie aplicată peste lenjerie.

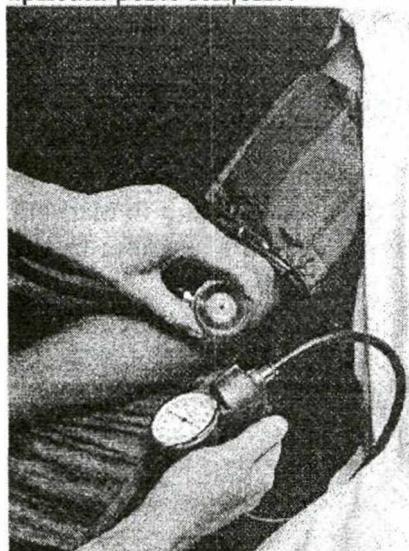


Fig.VII. 17. Metoda Korotkoff (auscultatorie) de măsurare a presiunii arteriale sistolice și diastolice.

2. Se găsește prin palpare artera humerală în plica cotului. În acest loc se aplică stetoscopul (nu sub manșeta tensiometrului).

3. Prin pomparea aerului cu para de cauciuc se ridică presiunea în manșetă cu 30–40 mm Hg peste cea la care dispare pulsul radial (Fig.VII.17).

4. Se decompresă manșeta lent și progresiv prin deschiderea supapei. Momentul în care se aude în stetoscop primul zgomot marchează *presiunea sistolică*; iar momentul în care zgomotele nu se mai aud – *presiunea diastolică*. Măsurarea PA se face în clino- și în ortostatism.

la ambele brațe, repetat de 2-3 ori, pentru înlăturarea erorilor cauzate de reactivitatea vasomotoare ca urmare a anxietății.

Notă. Originea tonurilor Korotkoff: (Fig. VII. 17). Presiunea în manșetă este inițial ridicată peste valorile presiunii arteriale sistolice, artera brahială este comprimată și sângele prin ea nu circulă (pulsul dispare). Presiunea din manșetă este apoi progresiv scăzută. Imediat ce presiunea din manșetă scade sub nivelul presiunii sistolice sângele va începe să treacă (mișcare turbulentă) prin arteră cauzând în timpul vârfului presional sistolic zgomot – tonul Korotkoff. Tonul Korotkoff se menține atâta timp cât sângele trece prin regiunea comprimată a vasului. În momentul, când presiunea din manșetă se apropie de nivelul presiunii diastolice, zgomotul devine mai atenuat. La restabilirea completă a lumenului arterei mișcarea sângelui prin arteră devine laminară și tonul Korotkoff dispare. Această metoda de măsurare a presiunii arteriale se folosește în clinică.

Lucrarea nr. 13. Experimental Claude Bernard

Scopul lucrării. Studiarea influenței nervilor simpatici asupra tonusului vascular (demonstrație).

Materiale și ustensile necesare: iepure alb, trusă de vivisecție, sursă de lumină, electrotermometru, soluție de uretan 20%, novocaină 2%.

Tehnica lucrării:

1. Narcotizăm iepurele, îl așezăm pe o planșetă specială, aplecăm capul spre spate și-l fixăm cu un stativ. Frezăm blana în regiunea cervicală.

2. Secționăm longitudinal pielea pe linia medie cervicală. Înlăturăm fasciile și mușchii lateral de trahee și găsim fasciculul vas-nervos: artera carotidă, nervul vag, nervul simpatic și nervul depresor. Separăm nervul simpatic (subțire, de culoare cenușie), aplicăm pe el o ligatură și îl secționăm mai jos de ligatură.

3. Peste 30-60 minute comparăm culoarea și temperatura (cu ajutorul electrotermometrului) pielii ambelor urechi.

4. Extindem atent nervul simpatic de ligatură, aplicăm pe el electrozii și îi excităm cu o frecvență de 10-20 imp/s și tensiunea de 20-30 V. Observăm modificarea lumenului vaselor urechii ipsilaterale.

5. În procesul-verbal se descriu mersul lucrării și rezultatele cercetării. Se notează rezultatele termometriei, se explică mecanismul modificării lumenului vaselor după desimpatizare și după stimularea nervului simpatic.

Metodă de instruire bazată pe analiza problemei (caz clinic)

C a z u l 1

Un bărbat în vârstă de 45 ani cu cefalee

În cabinetul medicului

Sunteți un medic de familie într-un oraș de provincie din R. Moldova. Un bărbat de 45 ani s-a adresat cu următoarele acuze: cefalee, predominant în timpul zilei și care se menține pe parcursul a 3 zile, însoțită de slăbiciuni, vertij, fatigabilitate și reducerea capacității de lucru.

Întrebarea 1. Ce întrebări ar trebui să adresați pacientului?

Informație nouă despre pacient

Unul din studenții-profesori citește răspunsul pacientului din Notă (1). Un alt student-profesor notează cele mai importante date pe tablă.

Întrebarea 2. Definiți cefaleea și încercați să explicați cauzele apariției acesteia.

Întrebarea 3. Numiți principiile de bază ce asigură hemodinamica. Explicați fiecare mecanism în parte.

Întrebarea 4. Numiți mecanismele fiziologice ce asigură reglarea hemodinamicii (presiunii arteriale).

Întrebarea 5. Numiți cauzele, afecțiunile ce pot provoca dereglări de hemodinamică (presiune arterială)?

Informație nouă despre pacient

Unul din studenții-profesori citește datele suplimentare despre pacient din Notă (2). Un alt student-profesor notează cele mai importante date pe tablă.

Întrebarea 6. Alcătuiți o listă de maladii în care se întâlnesc dereglări de hemodinamică cu cefalee. Puteți exclude maladiile ce nu concordează cu anamneza.

Întrebarea 7. Care este cea mai probabilă stare ce a provocat cefaleea și care este cauza acesteia ?

Întrebarea 8. Care este diagnosticul cel mai probabil?

Întrebarea 9. Ce investigații sunt necesare pentru confirmarea diagnosticului?

C a z u l I I

O fetiță de 2 ani cu dispnee și fatigabilitate

În cabinetul medicului

Mama unei fetițe de 2 ani a venit la medic pentru prima dată după nașterea copilului. Ea a observat că fetița are dispnee și obosește repede când fugă și se joacă cu alți copii. Recent copilul a făcut o pneumonie.

Întrebarea 1. Ce întrebări ar trebui să adresați mamei acestei fetițe?

Informație nouă despre pacientă

Unul din studenții-profesori citește răspunsul pacientei din Notă (1). Un alt student-profesor notează cele mai importante date pe tablă.

Întrebarea 2. Ce investigații sunt necesare?