



**Center for
Science Education
and Training**

<http://education.inflpr.ro>

Proiect susținut prin programul Parteneri pentru Educație

INVESTIGAREA SISTEMULUI CARDIOVASCULAR UMAN

**Mihaela Garabet
Ion Neacsu**

Liceul Teoretic "Grigore Moisil" Bucuresti

© CSET - 2008

Microsoft | Partners in Learning



Reteaua educationala
Hands-on Science - Romania
Instruire prin experiment



1. Sistemul cardiovascular

Are rolul de a transporta hrana și oxigenul în interiorul organismului și de a colecta reziduurile de la nivel celular. Buna lui funcționare este afectată de sedentarism, de stresul zilnic și de alimentația nesănătoasă, precum și de eventualele predispoziții genetice. Acestea pot genera diferite afecțiuni cardio-vasculare: hipertensiune arterială, infarct de miocard, hipercolesterolemie, ateroscleroză etc. Ne propunem o scurtă prezentare a modului de funcționare a aparatului circulator și a metodelor de investigare neinvazivă a acestuia, cu referire la componenta sa principală, inima. Pornind de la premisa că prevenția afecțiunilor cardiovasculare începe cu controlul regulat al tensiunii arteriale și al ritmului cardiac, vom descrie metodele de măsurare și de monitorizare a acestora.

Principala componentă a aparatului circulator, *inima*, este un organ muscular cavitărilor de dimensiuni mari, situat în regiunea mediană a toracelui. Spre deosebire de alți mușchi, ea nu obosește niciodată. Inima este o pompă aspiratoare-respingătoare, circulația sângelui fiind posibilă datorită contracțiilor ei ritmice. Are o greutate de aproximativ 340 g la bărbați și ceva mai puțin la femei. Inima are patru camere principale, aranjate în perechi, care îi permit funcționarea ca o pompă. Fiecare dintre ele are pereți musculari care se contractă pentru a asigura circulația sângelui. Cele două atrii se găsesc în spatele și deasupra celor două ventricule. Atriile și ventriculele nu comunică între ele datorită existenței *septului interatrial* și *septului interventricular*.

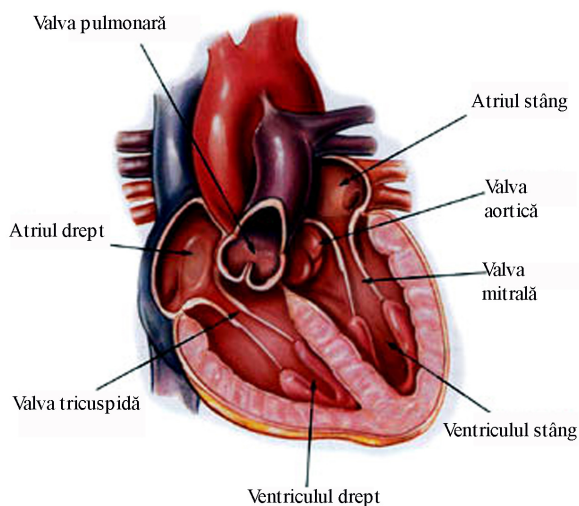


Figura 1.1 Structura inimii

Cum are loc circulația sângelui?

Sângele este pompat către artere prin aortă pentru a transporta oxigen spre organe și țesuturi. Apoi se întoarce la inimă prin vene, încărcat cu dioxid de carbon spre a fi pompat în al doilea circuit, de această dată către plămâni, pentru a fi oxigenat. Sângele revine la inima de la plămâni prin venele pulmonare, aducând o nouă cantitate de oxigen. Pătrunde în atriul stâng, care se contractă și împinge sângele prin valva mitrală, în ventriculul stâng.



Când ventriculul stâng se umple, valva mitrală se închide, miocardul se contractă, iar sângele intră în artera aortă prin valvele aortice deschise. Pe acest “drum” sângele ajunge la țesuturi, unde eliberează oxigenul și se încarcă cu dioxid de carbon.

Sângele revine în inimă din jumătatea inferioară a corpului, prin *vena cavă inferioară*, iar din jumătatea superioară a corpului, prin *vena cavă superioară*. Pătrunde în atricul drept, acesta se contractă și sângele trece în ventriculul drept prin valva tricuspidă. Contractia ventriculului drept expulzează sângele încărcat cu dioxid de carbon în artera pulmonară prin valvele pulmonare, către plămâni, de unde preia o nouă cantitate de oxigen. Se întoarce apoi la inima prin venele pulmonare, pentru un nou ciclu. Acest proces este repetat de 50-60 de ori în fiecare minut.

Pentru a asigura circulația sângelui, pompa cardiacă trebuie să învingă rezistența vasculară, deci să funcționeze ca o pompă cu presiune dată de forța de contracție a cordului. Circulația în vene are loc ca o consecință a circulației sângelui în artere și în capilare.

Ce este ritmul cardiac?

La fiecare bătaie a inimii, cele două atrii se contractă împreună și încarcă ventriculele cu sânge. După aceea are loc contracția ventriculelor. Sincronizarea acestor contracții este dependentă de un sistem excitoconductor de control al ritmului. Principalul centru de control este nodul sinoatrial, din atricul drept. De aici, impulsurile sunt conduse la cele două atrii, determinând contracția acestora.

Trecerea sângelui din atrii în ventricule și apoi în arborele vascular împreună cu fenomenele care determină și însoțesc această deplasare de sânge se numește *revoluție cardiacă*. Ea durează 0,8 secunde și cuprinde contracția atrilor sau *sistola atrială*, cu durata de 0,1 secunde, contracția ventriculelor (*sistola ventriculară*) cu durata de 0,3 secunde, urmată de diastola atrială, 0,7 s și de diastola ventriculară, 0,5 s, rezultând astfel o diastolă generală de 0,4 s. Revoluția cardiacă începe cu umplerea atrilor în timpul diastolei atriale, sângele venos din venele cave pătrunzând în atricul drept, iar sângele din venele pulmonare, în cel stâng. Pătrunderea sângelui destinde pereții relaxați ai atrilor, până la o anumită limită, când începe contracția atrială, deci sistola atrială, care evacuează tot sângele atrial în ventricule. Acumularea sângelui în ventricule duce la creșterea presiunii intraventriculare și începerea sistolei ventriculare. În timpul sistolei ventriculare, datorită presiunii ridicate din ventricule, care depășește presiunea din artera pulmonară și din aortă, se închid valvele atrio-ventriculare și se deschid valvele sigmoide. După expulzarea sângelui din ventricule, pereții acestora se relaxează și începe diastola ventriculară, când, datorită presiunii scăzute din ventricule, se închid valvele sigmoide și se deschid cele atrio-ventriculare. La începutul diastolei ventriculare, sângele este aspirat din atrii de către ventricule. La sfârșitul diastolei ventriculare, contracția atrială (sistola atrială) contribuie la vărsarea în ventricule a restului de sânge din atrii.

În timpul revoluției cardiace, atriile și ventriculele prezintă sistole (contracții) și diastole (relaxări) succesive, care se efectuează în același timp și în cavitățile drepte și în cele stângi. Diastola generală, adică relaxarea întregii inimi, se suprapune pe diastola ventriculară, dar durează mai puțin decât aceasta, din cauza sistolei atriale care începe în ultima perioadă a diastolei ventriculare. La omul normal au loc 70-80 de revoluții cardiace/min, ceea ce reprezintă de fapt bătăile inimii. Zgomotul specific se datorează unor porțiuni de pe valvele dintre camerele inimii, numite cuspid. Ele se deschid pentru a permite trecerea sângelui din atri în ventricule, apoi se închid brusc cu un zgomot specific, de bătaie a inimii.

Unul dintre principiile constructive ale unui dispozitiv care să înregistreze ritmul cardiac se bazează pe absorbția puternică a radiației infraroșii în apă. Sângele este o soluție apoasă, iar zone precum lobul urechii sau vârful degetelor sunt puternic vascularizate. Atunci când inima pulsează, cantitatea de sânge din aceste zone oscilează cu perioada bătăilor inimii. Deci dacă dispunem de un emițător de infraroșii și un receptor separate de lobul urechii sau de vârful degetului, putem să surprindem bătăile inimii. Evident, receptorul trebuie să comunice cu o placă de achiziție care să transforme prin intermediul software-ului tensiunea oscilatorie de la bornele receptorului de infraroșii în semnal digital.

Noi am utilizat un astfel de pletismograf construit dintr-un led cu emisie în domeniul infraroșu și un fototranzistor care să recepționeze fluxul de radiație infraroșie ce străbate lobul urechii umane.(figura 1.2). Acestea au fost centrate într-un clește de rufe, aplicabil pe lobul urechii sau pe deget.Placa de achiziție utilizată a fost NIDAQ 6013, iar software-ul a fost scris în LabVIEW.

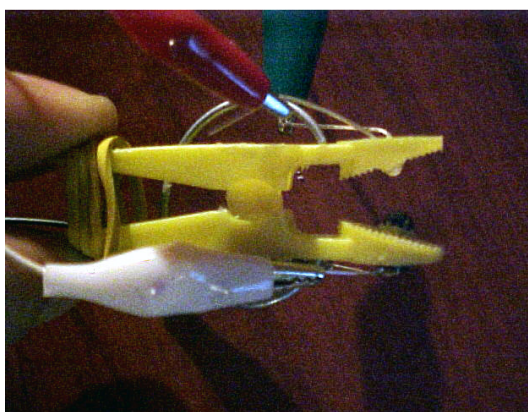


Figura 1.2

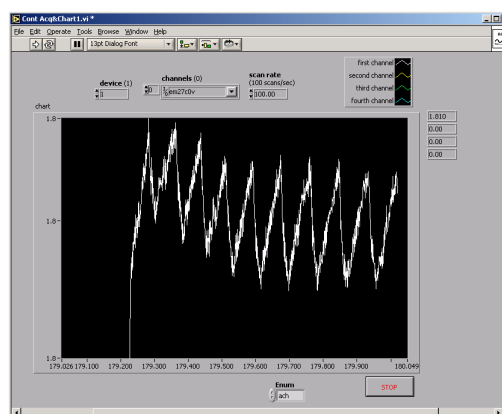


Figura 1.3 Monitorizarea ritmului cardiaci



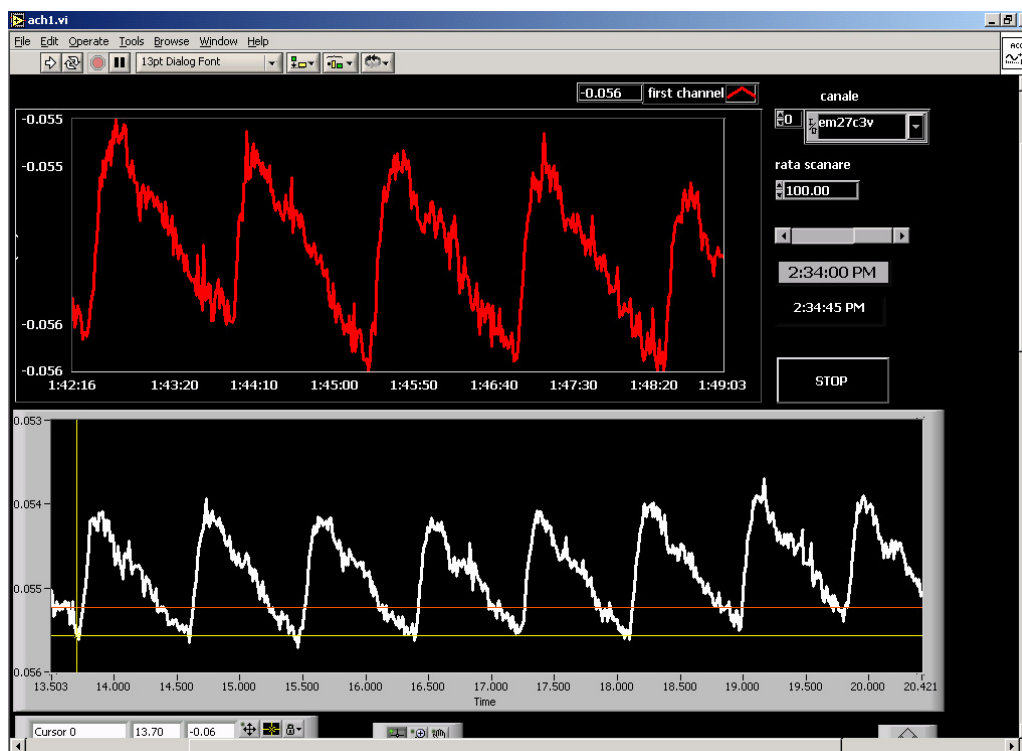


Figura 1.4 Semnalul obținut la monitorizarea ritmului cardiac



Monitorizarea ritmului cardiac

Monitorul de ritm cardiac al firmei Vernier se bazează pe existența curenților de intensitate foarte mică care apar pe suprafața pielii umane la fiecare bătaie a inimii.

După cum puteți observa în figura 1.5, el conține cele două mânere pe care subiectul le va ține strâns, cu ambele mâini, respectând pozițiile indicate pentru degete și un receptor care se va conecta cu interfața analog-digitală (Go!Link, spre exemplu). Semnalele electrice din piele sunt preluate de către electrozii incluși în mânere și transmise wireless printr-un câmp electromagnetic de frecvență joasă spre receptor. Este obligatoriu ca săgețile marcate pe mânere și pe receptor să aibă același sens în timpul utilizării monitorului. Transmisia wireless are raza de 80-100 cm.

Noi am înregistrat ritmul cardiac al unei doamne în timp ce efectua 10 genuflexiuni, apoi se relaxa. Semnalele obținute pot fi observate în figura 1.6. Se poate interpreta semnalul în tensiune obținut în reprezentarea de jos sau semnalul reprezentând numărul bătăilor inimii pe minut, obținut în reprezentarea din partea superioară a figurii.



Figura 1.5



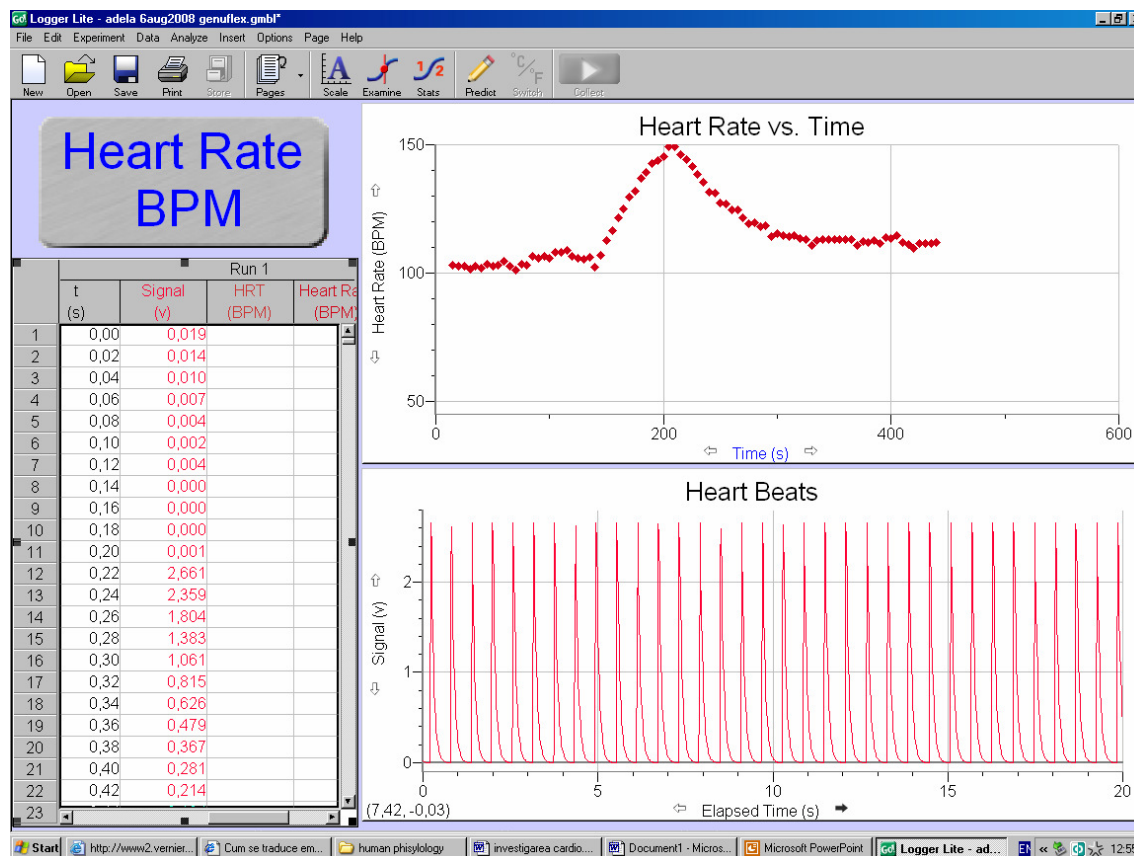


Figura 1.6

Am transferat semnalul obținut într-un fișier xls pentru ca să-l puteți reprezenta și interpreta. Accesați deci fișierul **ritm cardiac.xls**, fila de calcul tabelar SEMNAL TENSIUNE și efectuați următoarele:

- ✓ Reprezentați grafic **semnalul în tensiune** U exprimat în V , în funcție de timpul t exprimat în s ,
- ✓ Calculați durata bătăilor inimii măsurând timpul scurs între două vârfuri succesive de amplitudine.
- ✓ Calculați valoarea ritmului cardiac în BPM.

Accesați apoi fișierul **ritm cardiac.xls**, fila de calcul tabelar RITM și efectuați următoarele:

- ✓ Reprezentați grafic **ritmul cardiac** exprimată în **BPM (bătăi pe minut)**, în funcție de timpul t exprimat în s .
- ✓ Identificați din grafic intervalul de timp cât a efectuat genuflexiuni și intervalul de timp necesar relaxării
- ✓ Încercați să calculați rata de accelerare și rata de relaxare a ritmului cardiac.



Cum comentați valorile ritmului cardiac înainte de a efectua efort fizic, cele 10 genuflexiuni, și după perioada de relaxare?



2. Ce este și cum se măsoară tensiunea arterială?

Tensiunea arterială variază în permanență, atât în cursul unei zile cât și pe parcursul unei luni. Ea este influențată de schimbările de anotimp, de temperatura ambiantă și de starea individului. De aceea, tensiunea arterială trebuie măsurată periodic, iar rezultatele trebuie notate cu atenție. Ea poate să varieze considerabil în cursul unei zile, fiind influențată de factori mentali și fizici: stările de angoasă, efortul fizic, tabagismul, cafeina, stressul, etc.

Cele două valori ale tensiunii arteriale (TA) măsoară presiunea sanguină în timpul contracției și al relaxării inimii (sistola, respectiv diastola). Din acest motiv, valorile tensionale poartă numele de **tensiune sistolică** (valoarea cea mai mare) și **tensiune diastolică** (valoarea cea mai mică). Presiunea sângelui în artere crește atunci când inima se contractă și scade când inima se relaxează. În cazul unui adult, valorile presiunii arteriale situate sub nivelul de 140 de milimetri coloana de mercur (prescurtat 140 mmHg) pentru sistolică și 90 mmHg pentru diastolică sunt considerate normale. În general, medicii privesc aceste valori ca pe un prag maxim admis.

Dacă în urma a două determinari valorile tensiunii arteriale depășesc limitele normale, vorbim despre hipertensiune arterială – cu consecințe asupra întregului organism. În tabelul următor sunt prezentate grupele de tensiune arterială.

Tipul de tensiune arterială	Tensiunea sistolică (mm Hg)	Tensiunea diastolică (mm Hg)
Optimă	<120	<80
Normală	<130	<85
La limita superioară	130 – 139	85 – 89
HTA (hipertensiune arterială) gr. I (ușoară)	140 – 159	90 – 99
HTA (hipertensiune arterială) gr. II (moderată)	160 – 179	100 – 109
HTA (hipertensiune arterială) gr. III (severă)	> 180	>110
HTA (hipertensiune arterială) sistolică izolată	> 140	< 90



Cum se măsoară tensiunea arterială?

Metoda oscilometrică de calculare a presiunii sanguine de bazează pe tensionarea pereților arterelor brahială sau radială, atunci când inima pompează sângele. Așadar, se începe prin aplicarea unei manșete care, prin umflare până la o presiune cunoscută, să preseze artera în cauză. Astfel, se stopează intrarea sângelui în arteră. Ulterior se permite ieșirea treptată a aerului din manșetă, cu o rată constantă, ceea ce se soldează cu accesul sângelui în acest vas. Inițial sângele pătrunde forțat, în pulsuri scurte, apoi pe măsură ce presiunea manșetei slăbește, va intra din ce în ce mai mult, până la atingerea maximului amplitudinii.



Figura 1.7

Pe măsură ce ocluzia arterei scade, pulsurile vor scădea în amplitudine din ce în ce mai mult.

Dacă se măsoară tensiunea arterială utilizând un stetoscop și un manometru, se citește valoarea presiunii sistolice în momentul când se aude prima dată bătaia inimii și valoarea presiunii diastolice când aceasta se aude ultima dată.

Tensiometrul digital, pentru uz educațional al firmei Vernier, calculează valorile tensiunii utilizând înfășurătoarea amplitudinilor maxime ale oscilațiilor înregistrate. În figura 1.8, înfășurătoarea este reprezentată cu culoarea ciclam. În ceea ce privește amplitudinea oscilațiilor cardiace, ea crește până la atingerea valorii medii a presiunii arteriale (Mean). Software-ul utilizat calculează presiunea sistolică (maxima) prin determinarea punctului aflat pe înfășurătoare, înainte de valoarea medie a presiunii,

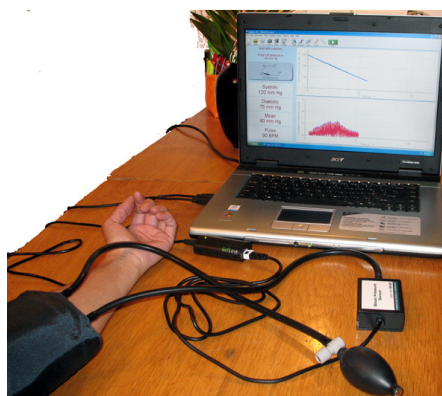


Figura 1.8

unde amplitudinea oscilației are ca valoare un anumit procent din valoarea maximă a amplitudinii. Presiunea diastolică (minima) se calculează prin determinarea punctului aflat pe înfășurătoare, după atingerea valorii medii a presiunii, unde amplitudinea oscilației are ca valoare un anumit procent din valoarea maximă a amplitudinii.



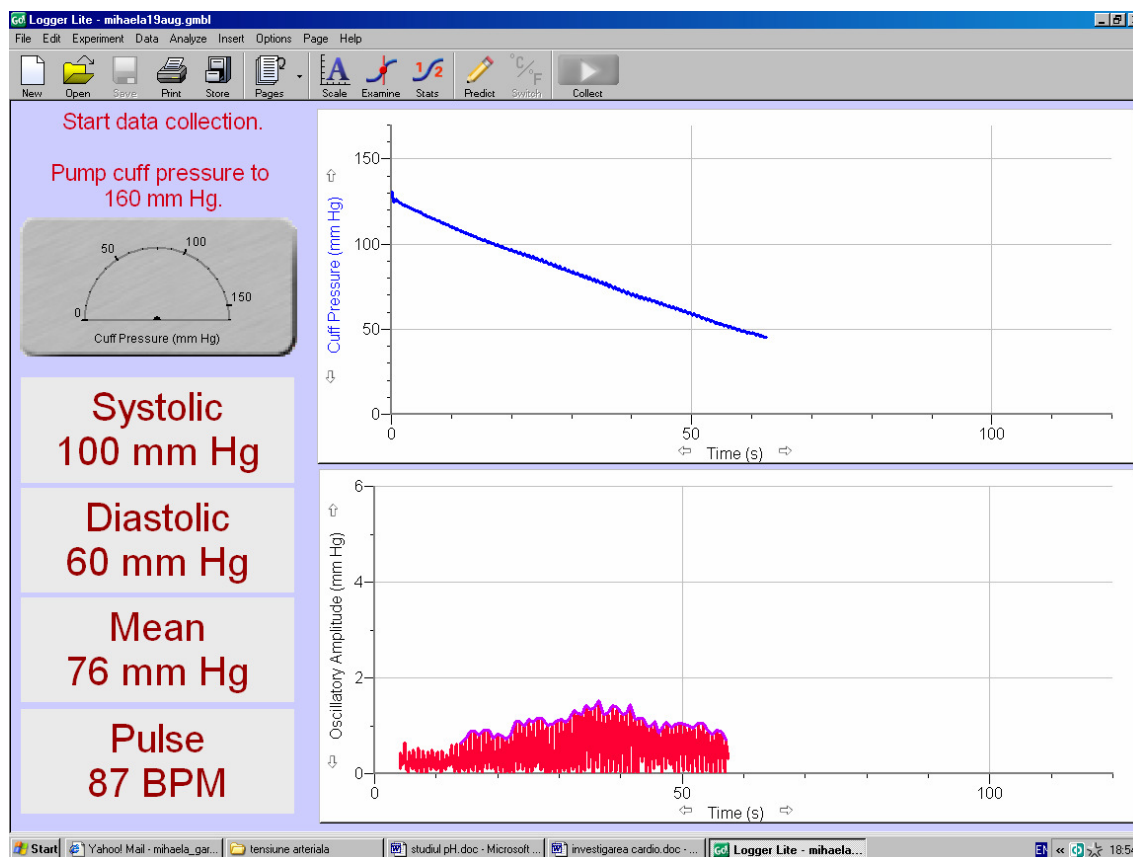


Figura 1.9

Sfaturi pentru măsurarea corectă a tensiunii arteriale

- Așteptați cel puțin o oră înainte de măsurarea tensiunii după o masă copioasă.
- Înainte de a vă măsura tensiunea nu fumați și nu consumați alcool.
- Nu efectuați efort fizic cu o oră înainte de determinarea tensiunii.
- Odihniți-vă cu 15 minute înainte de măsurare.
- Evitați măsurarea tensiunii când sunteți stresați.
- Nu vă măsurați tensiunea dacă vă este prea cald sau prea frig.
- Dacă tensiometrul a fost ținut la temperaturi scăzute păstrați-l la căldura cel puțin o oră înainte de utilizare.

Despre electrocardiografie

Este o metodă de investigație care se ocupă cu studiul fenomenelor bioelectrice pe care le produce inima în cursul activității sale. Curenții electrici produși de inimă au o intensitate foarte slabă și se transmit la suprafața tegumentelor prin țesuturi. Rezistența electrică a țesuturilor duce la apariția unor diferențe de potențial între zone diferite ale corpului. Pentru înregistrarea acestor diferențe de potențial este necesară amplificarea lor cu aparate foarte sensibile.

De-a lungul vremii s-au utilizat diferite metode de înregistrare. Toate s-au bazat pe electrozi plasați în două puncte diferite ale inimii sau chiar la distanță de inimă. Unele electrocardiografe aveau înscriere indirectă sau fotografică a semnalului, altele scriau direct cu cerneală, stilet încălzit sau cu hârtie carbon. Acum ele dispun de osciloscopia care permit vizualizarea curbei electrocardiografice pe un ecran.





2. Studiu virtual

Accesați site-ul aflat la adresa:

<http://www.medmovie.com/mmdatabase/MediaPlayer.aspx?ClientID=65&TopicID=560>

Aici veți putea urmări pas cu pas funcționarea inimii și modul în care electrocardiograma surprinde activitatea inimii.

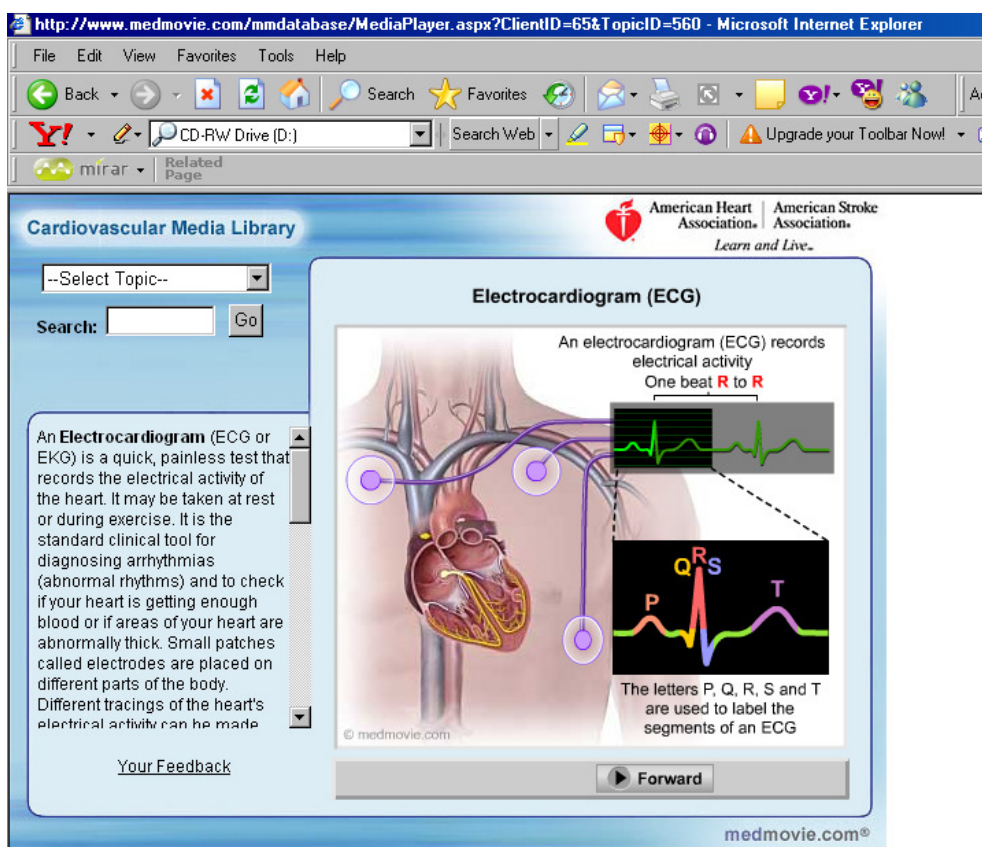


Figura 1.10

După cum puteți observa, electrocardiograma normală prezintă o serie de **deflexiuni (unde), segmente** și **intervale**. Deflexiunile se numesc **P, QRS** și **T**. Segmentele sunt porțiuni de traseu cuprinse între unde: **PQ** și **ST**, iar intervalele sunt porțiuni de traseu care cuprind unde și segmente **PQ** și **QT**.

Unda P reprezintă procesul de activare atrială. Are o formă rotunjită și în mod obișnuit este pozitivă. Durează 0,08"-0,11" și are o amplitudine de 1-2,5 mm. **Intervalul PQ** sau **PR** (după cum complexul ventricular începe cu **Q** sau **R**) corespunde activării atriale și timpului de conducere atrio-ventricular. Durează 0,12" - 0,21". Este mai scurt în tahicardie și mai lung în bradicardie.

Complexul QRS reprezintă activarea ventriculară. Se mai numește și *fază inițială* sau *rapidă*. Prima deflexiune pozitivă se desemnează cu **R**, iar prima deflexiune negativă cu **Q**. Când complexul ventricular este alcătuit dintr-o singură undă negativă, aceasta se notează cu **QS**. Durata complexului este de 0,6 - 0,10" în derivațiile membrelor și de 0,6 - 0,11" în precordiale. Când se depășesc aceste valori, există o tulburare de conducere. **Segmentul ST** și **unda T** reprezintă procesul de repolarizare ventriculară. Segmentul **ST** este de

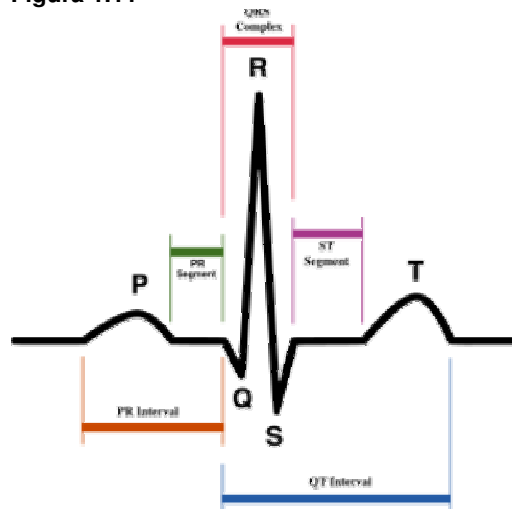


obicei izoelectric și rar denivelat deasupra sau dedesubtul liniei izoelectrice.

Unda T corespunde retragerii undei de excitație din ventricule. Este rotunjită și de obicei pozitivă. Sfârșitul undei T marchează sfârșitul sistolei ventriculare, iar intervalul TP reprezintă diastola electrică.

Electrocardiograma rămâne o metodă precisă care reflectă fidel activitatea miocardului, permițând uneori chiar localizarea leziunii. Este eficace în diagnosticarea tulburărilor ritmului cardiac, a tulburărilor de conducere (blocuri de ramură), a hipertrofiilor ventriculare, a cardiopatiilor ischemice coronariene, a intoxicației cu unele droguri.

Figura 1.11



3. Electrocardiograful Vernier

Noi am utilizat un electrocardiograf Vernier, pe care îl puteți vedea în imaginea din figura 1.12



Figura 1.12

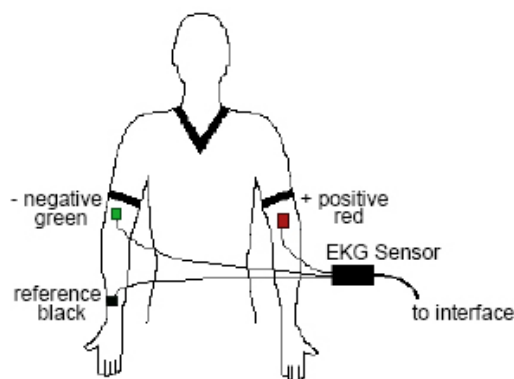


Figura 1.13 Schema amplasării electrozilor

Electrozii se aplică pe plasturi de unică folosință la încheieturile mâinilor după cum puteți observa în imaginea din figura 1.13. La încheietura pumnului drept se aplică un electrod de referință. Am procedat la conectarea senzorului cu placa de achiziție, apoi la înregistrarea semnalului, obținând ceea ce vedeți în figura 1.14. Apoi am transferat semnalul obținut într-un fișier xls pentru ca să puteți să-l reprezentați și să-l interpretați. Accesați deci fișierul [EKG.xls](#), apoi filele de calcul tabelar 1, respectiv 2 și efectuați următoarele:

- ✓ Reprezentați grafic **semnalul în tensiune U** exprimat în **V**, în funcție de timpul t exprimat în **s**.
- ✓ Determinați durata unei revoluții cardiace.
- ✓ Calculați durata intervalelor **PQ, ORS, QT**.
- ✓ Apreciați dacă ele se găsesc între limitele precizate ale electrocardiografului utilizat: PR 0,12 – 0,20 s, QRS < 0,1 s, QT < 0,38 s.



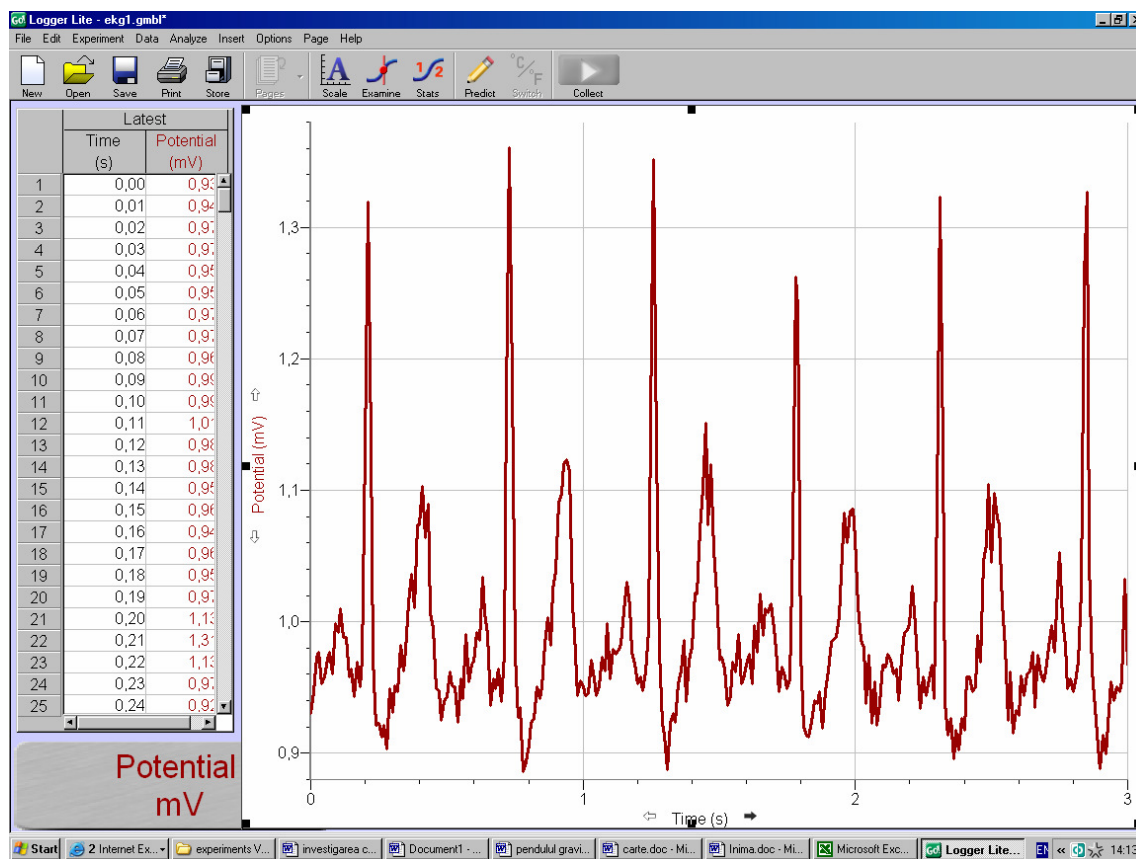


Figura 1.14 Semnal EKG



Cum comentați valorile calculate ale intervalelor PQ, QRS, QT știind că ambele aparțin aceleiași persoane, dar că în timpul uneia dintre ele și-a ținut respirația?

Sfaturi pentru o electrocardiogramă reușită și corect interpretată

- Dacă subiectul mișcă brațele în timpul înregistrării electrocardiogramei, apar artefacte de mișcare datorate generării energiei electrice de către mușchi.
- O revoluție cardiacă durează de la începutul unei unde P până la începutul următoarei unde P.
- Numărul revoluțiilor cardiace dintr-un minut este ritmul cardiac care valorează cam 70-80 de bătăi pe minut în condiții de relaxare.
- Dacă valorile intervalelor **PQ**, **QRS**, **QT** ale unui subiect depășesc limitele precizate anterior nu trebuie să se alarmeze, deoarece acestea reprezintă valori medii care pot fi înfirmate de inimi sănătoase.
- Și nu în ultimul rând, citirea unei EKG necesită mult antrenament și numai medicii cardiologi sunt abilitați să diagnosticheze pe baza ei
- Nu utilizați electrocardiograful Vernier pentru a stabili diagnostic! El este destinat uzului educațional!

Referent de specialitate: profesor Delia Prisacaru, Liceul Teoretic „Grigore Moisil” București

Go!Link este marca înregistrată a companiei Vernier International.

