

Strumentazione Biomedica

Agostino Accardo

Università di Trieste

accardo@units.it

Parte IV

CARATTERISTICHE PARTICOLARI DEI SEGNALI BIOLOGICI

(seconda parte)

SEGNALI ACUSTICI -

SEGNALI ACUSTICI

FONOCARDIOGRAFIA

SUONI PRODOTTI DAL CUORE

microfono sulla superficie corporea

I suoni dipendono da:

posizione sorgente

intensità del suono

proprietà acustiche dei tessuti interessati

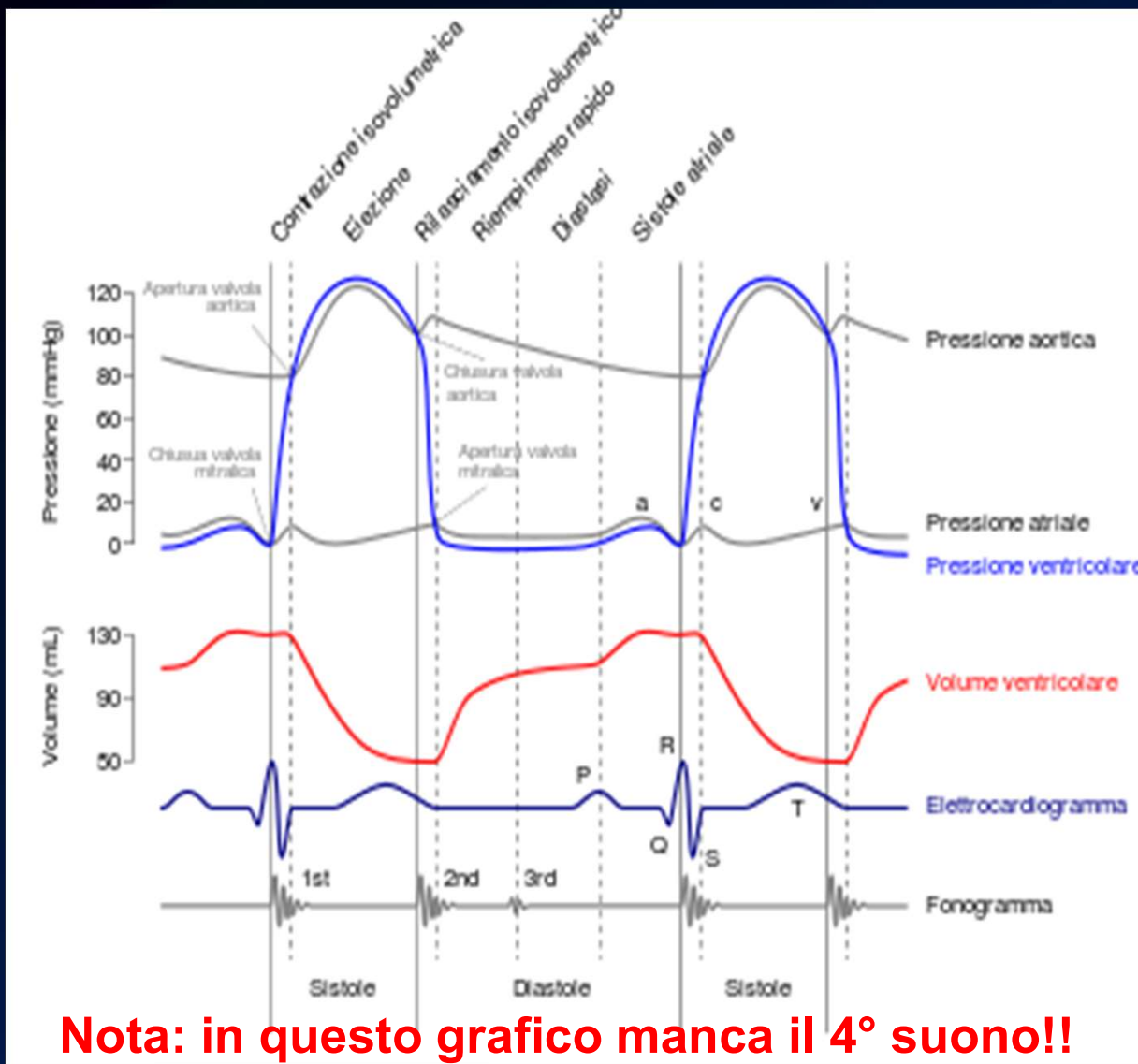
Banda 20-1000Hz

∃ correlazione tra suoni, eventi elettrici e meccanici del ciclo cardiaco

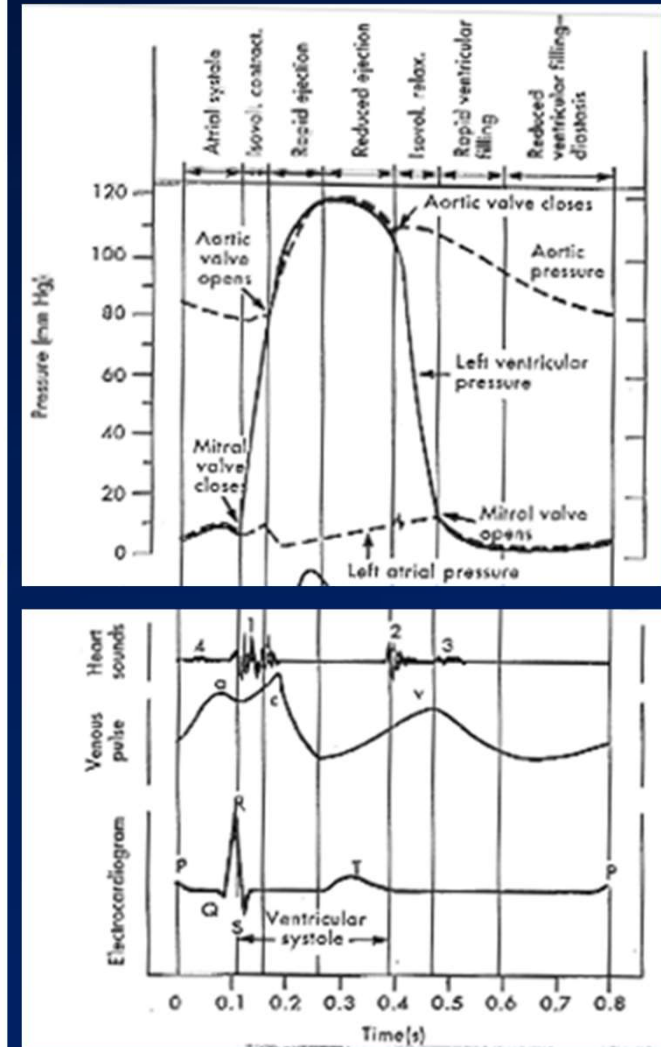
∃ suoni e mormorii (dovuti alle turbolenze/vibrazioni 0.1-100Hz)

4 SUONI

SEGNALI ACUSTICI - FONOCARDIOGRAFIA



Nota: in questo grafico manca il 4° suono!!



SEGNALI ACUSTICI - FONOCARDIOGRAFIA

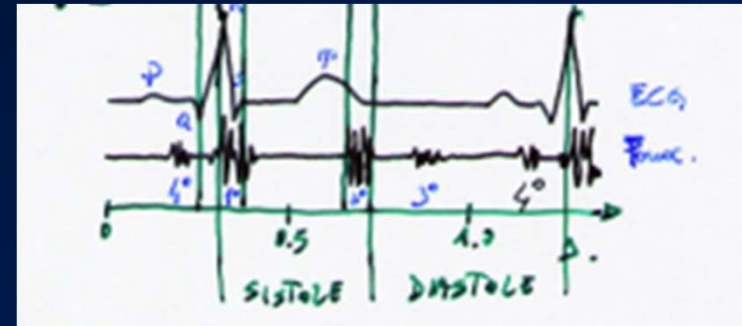
1° suono, dovuto in successione a:
chiusura tricuspide, chiusura mitrale,
apertura valvola polmonare, apertura
valvola aortica

2° suono, dovuto alla chiusura delle
valvole aortica e, di seguito, polmonare

3° suono, dovuto al riempimento dei
ventricoli (20-70Hz, 40-50ms)

4° suono, flusso durante la contrazione
degli atri (simile al 3° suono)

Si esaminano le modifiche nella forma, nella durata e nel numero
degli eventi



AUSCULTAZIONE (stetoscopio)

per diagnosticare malfunzionamenti polmonari o cardiaci
si ascoltano in determinate aree del torace, laddove l'intensità è max
SUONI POLMONARI (4 tipi):

VBS: suono respiro entrante negli alveoli

BVBS: suono respiro bronco-alveolare

BBS: suono respiro bronchiale

TBS: suono respiro tracheale

Suoni anomali:

CO: respiro a colpi di tosse

AS: asmatico

CA: cavernoso

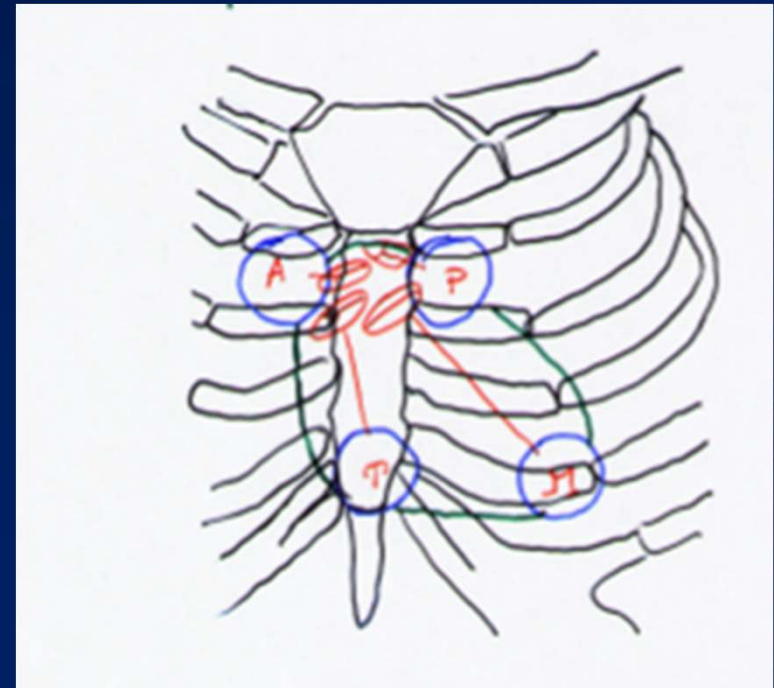
AM: anforico

Microfono: 20-2000Hz

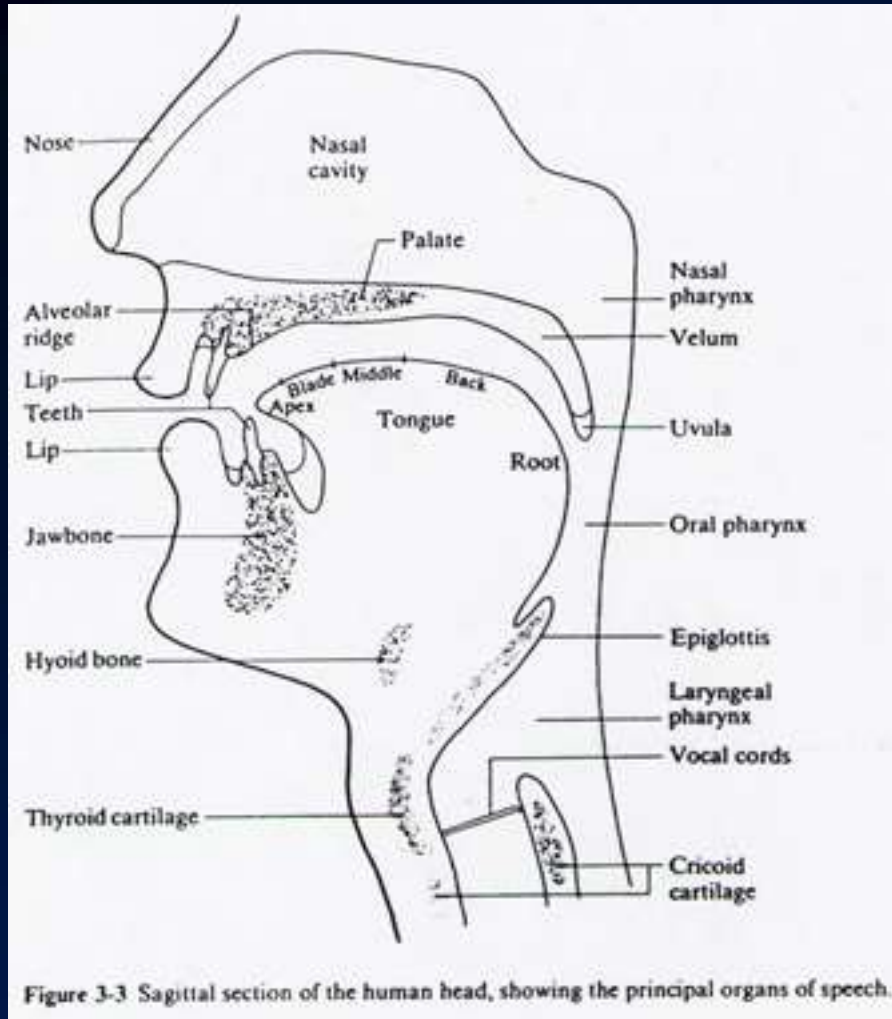
SUONI CARDIACI: dovuti alle valvole

A: Aortica, **P:** Polmonare, **T:** Tricuspide,

M: Mitrale



SEGNALI ACUSTICI



VOCE

Analizzata per la diagnosi di patologie della laringe / neurologiche

Polmoni: sorgente

Corde vocali: generatori del pitch

Organi articolatori (lingua, velo, denti/mandibola, labbra): armoniche + filtri

Suoni sordi/sonori – silenzio

microfono

SEGNALI ACUSTICI

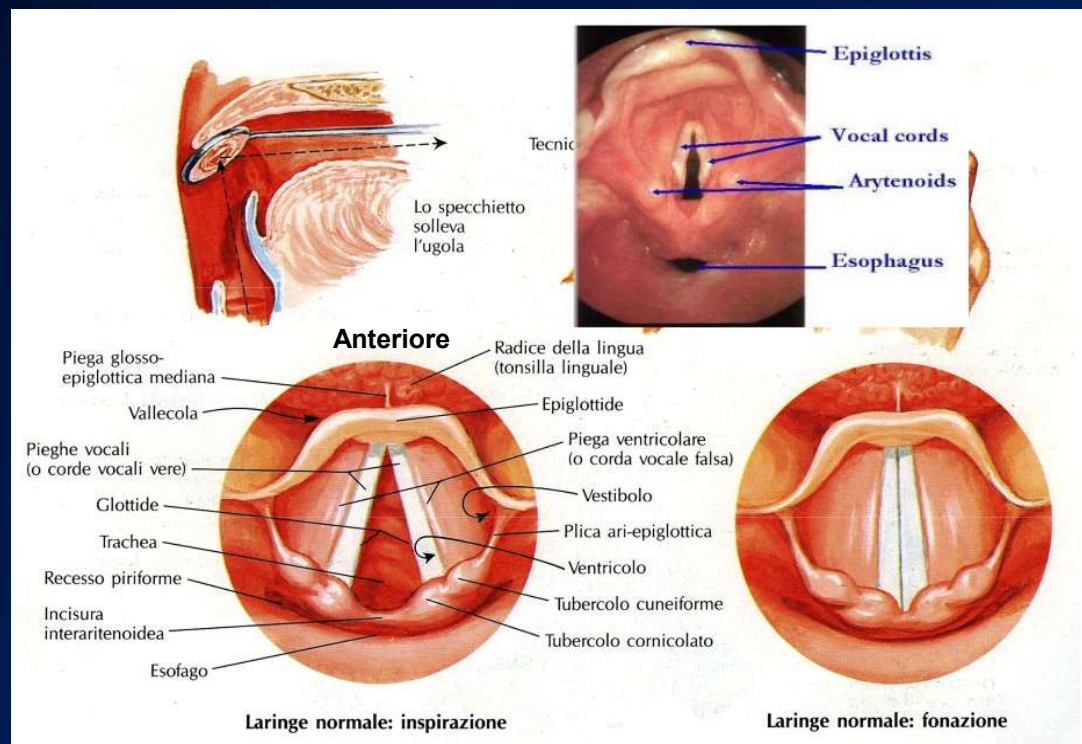
Corde vocali: generatori del pitch

Suoni sordi/sonori – silenzio

Fonemi

Fondamentale 80-300Hz (Uomo/donna/neonato)

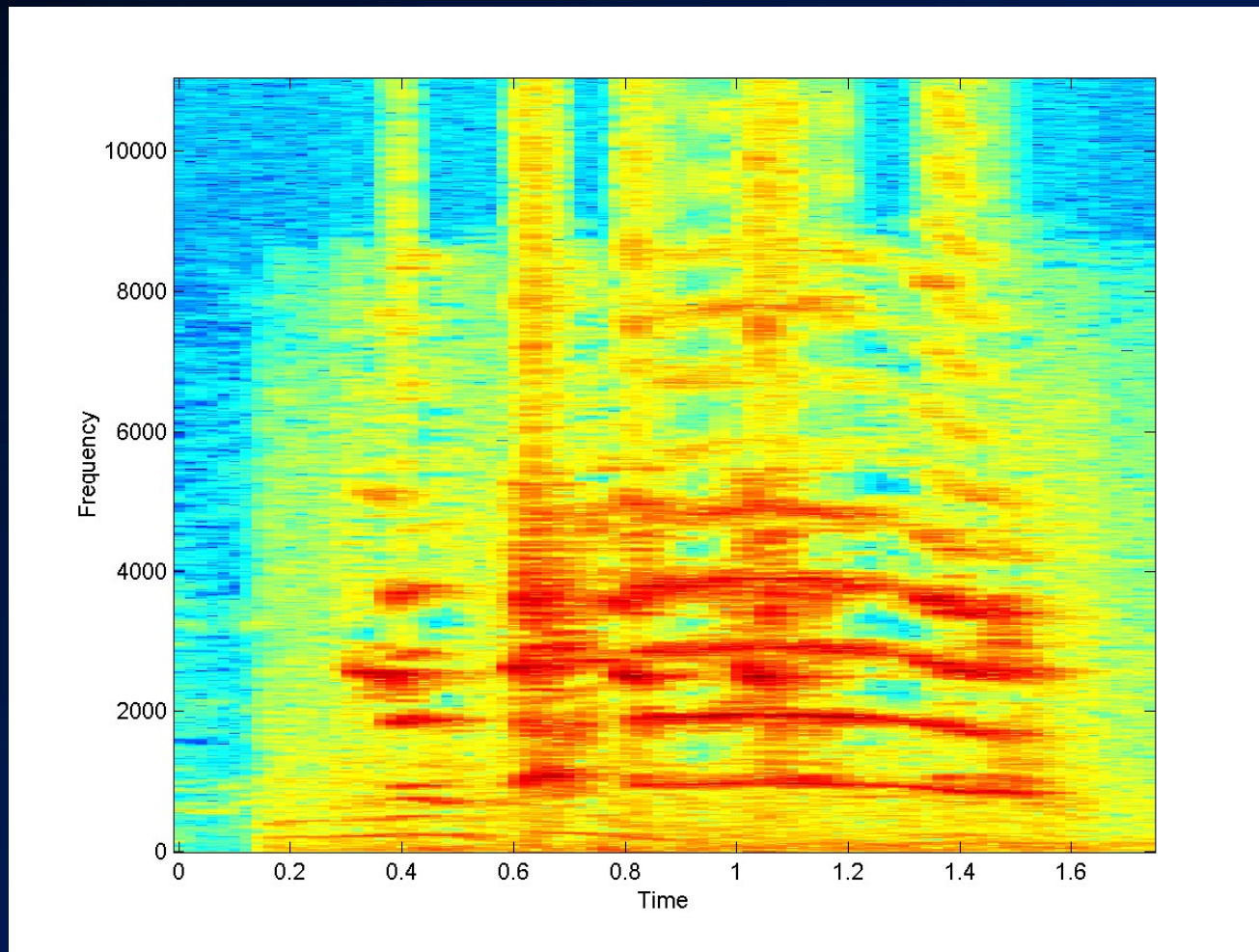
Banda 80-4000Hz



SEGNALI ACUSTICI

SPETTROGRAMMA

FFT su tratti di 5-10ms



.... FORMANTI

SEGNALI ACUSTICI

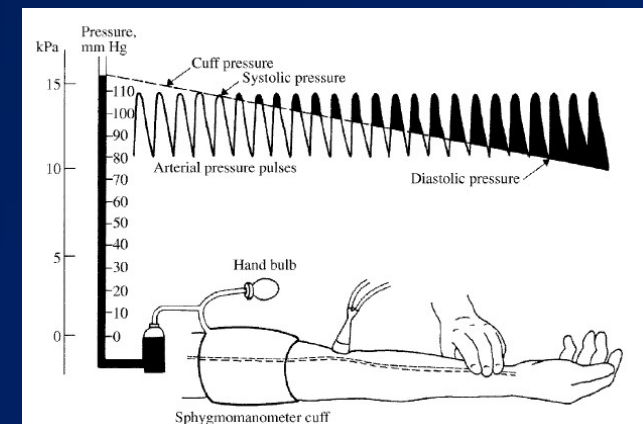
SUONI KOROTKOV

Usato nello SFIGMOMANOMETRO
misura Pressione arteriosa, in via indiretta

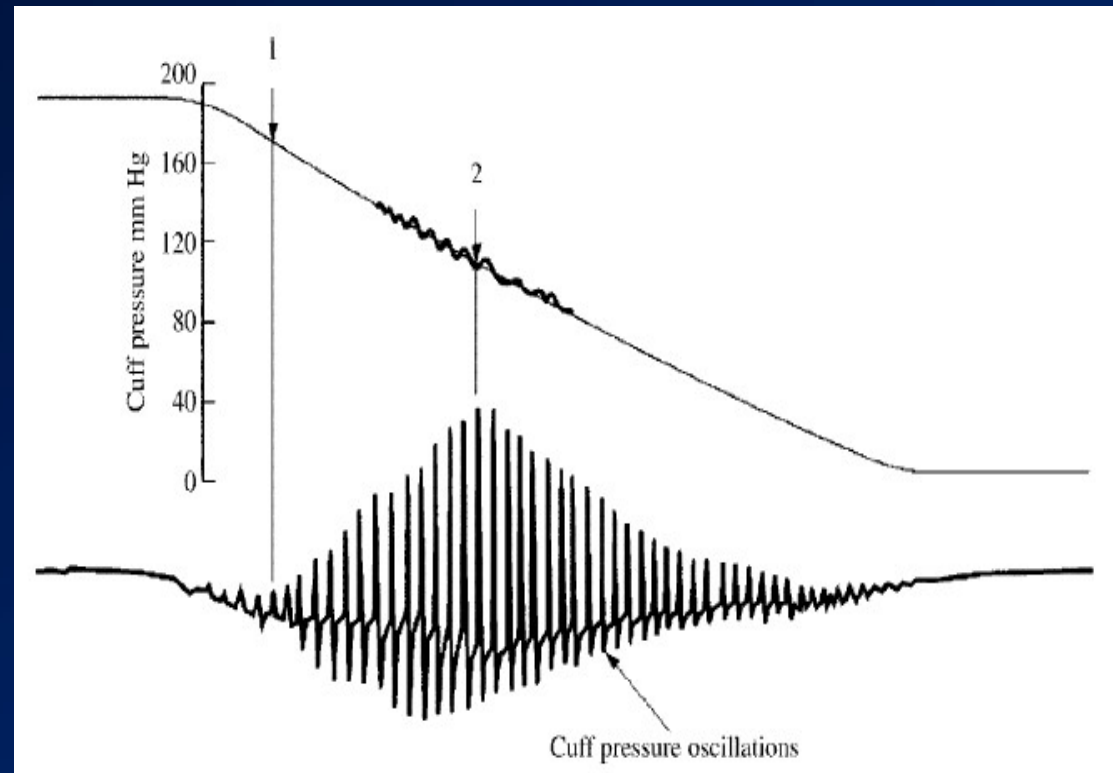
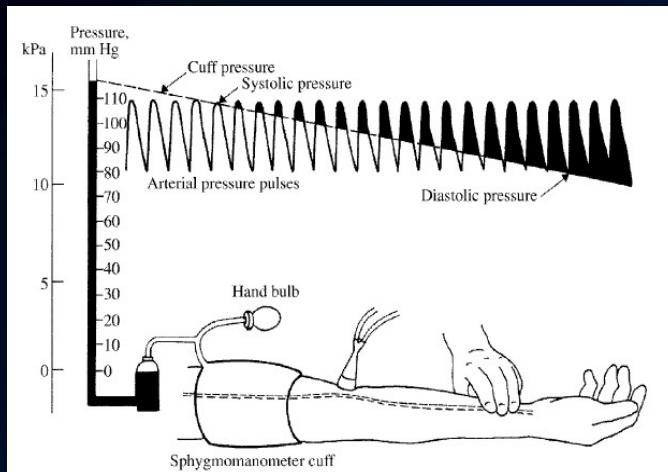
- Senza fascia => nessun suono
- Fascia occlude passaggio sangue => nessun suono
- Si rilascia finché con lo Stetoscopio (o microfono) si sente un suono ripetitivo e turbolento (Il suono di Korotkov => pressione sistolica)
- I suoni continuano finché c'è occlusione parziale, quando smettono (V suono di Korotkov) si misura la pressione diastolica

150-500Hz

Microfoni piezoelettrici, circa 100mVpp



SEGNALI ACUSTICI



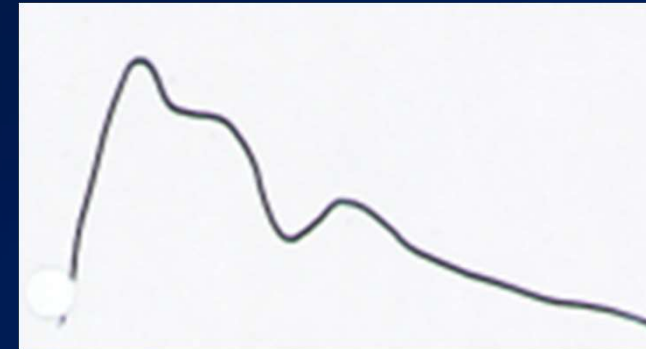
SEGNALI MECCANICI

PRESSIONE SANGUIGNA

Cateteri nel sistema circolatorio (arterie, cuore)

0-50Hz

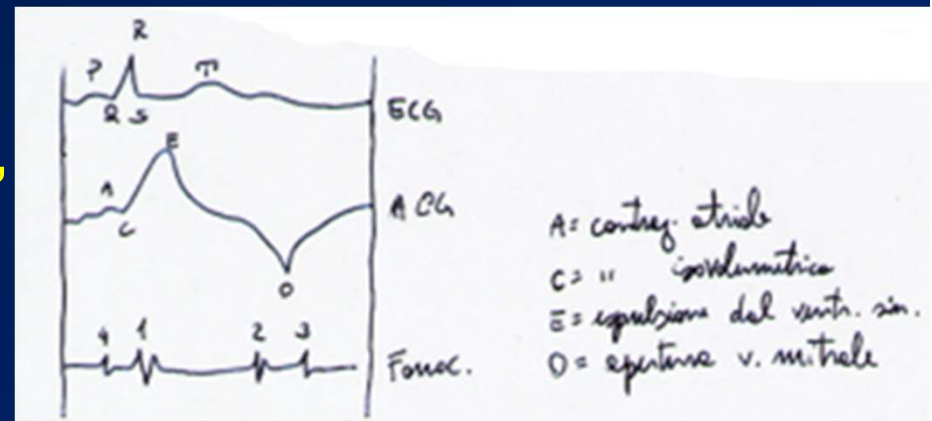
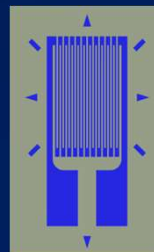
Andamento della pressione (approssimabile dalle prime 6 armoniche)



APEXCARDIOGRAFIA (ACG)

misura il movimento del torace mediante trasduttori di accelerazione, strain gauge (estensimetri)

0-40Hz



SEGNALI MECCANICI

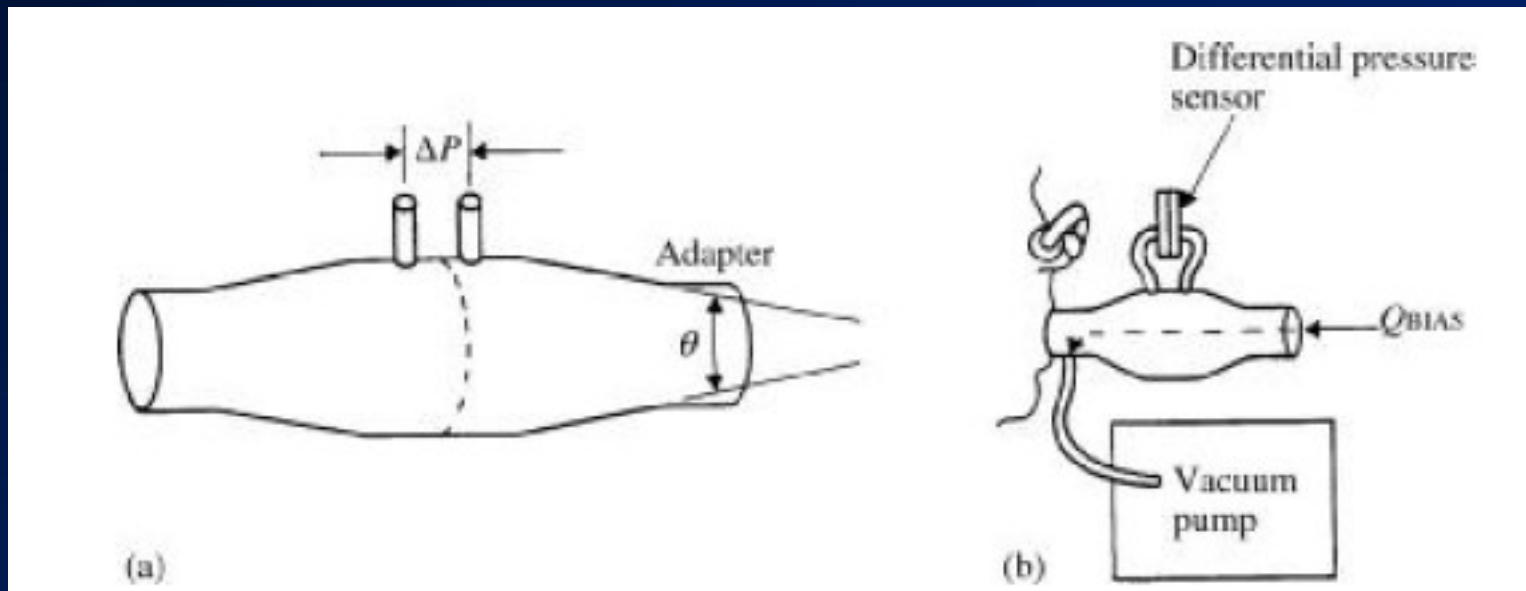
MISURA DI FLUSSO

PNEUMOTACOGRAFO

Usato per analizzare il flusso respiratorio

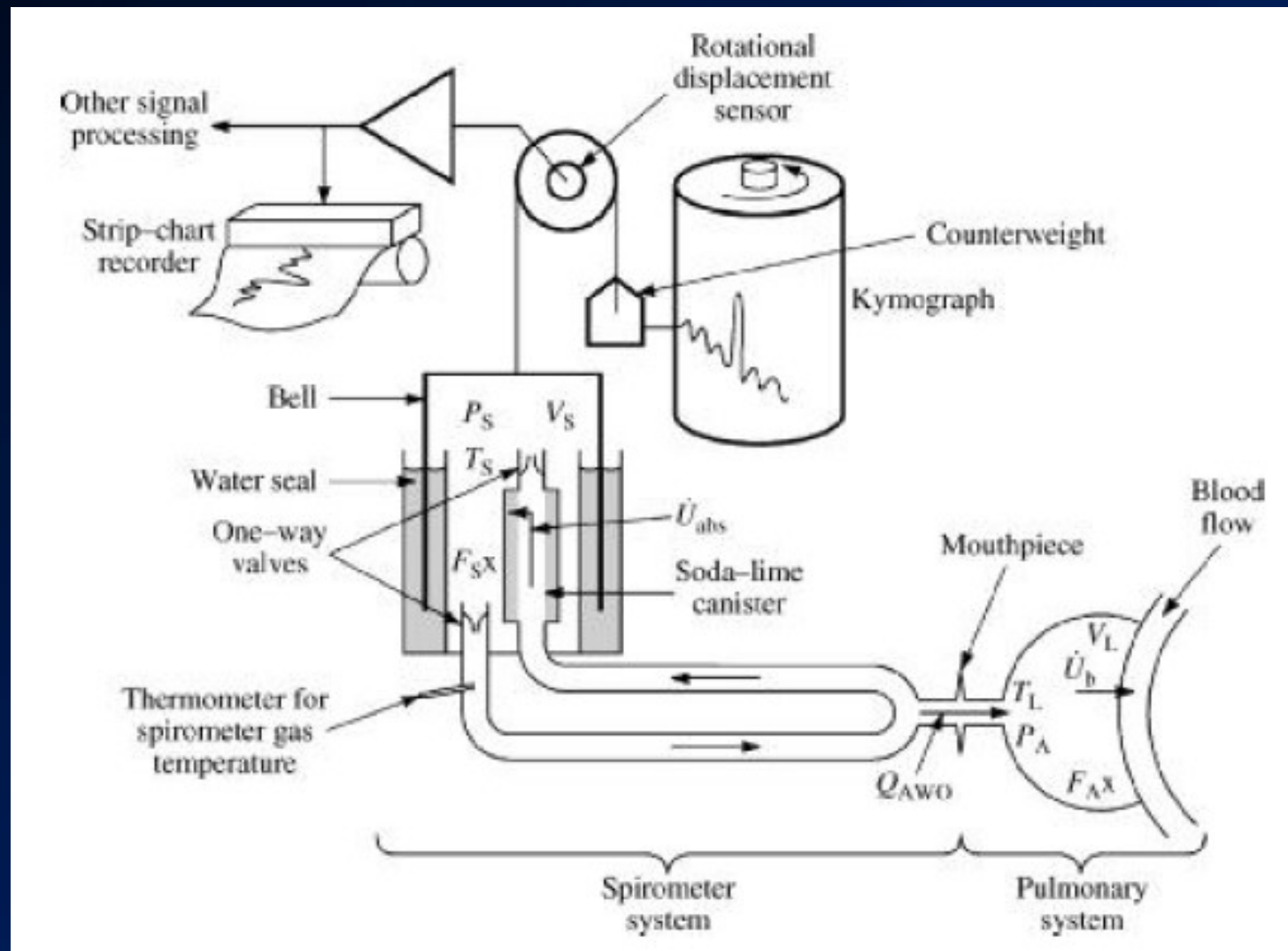
Sfrutta la relazione lineare tra pressione e flusso => analogia meccano-elettrica

$$\Delta P = R \cdot \text{Flusso} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta V = R \cdot I$$

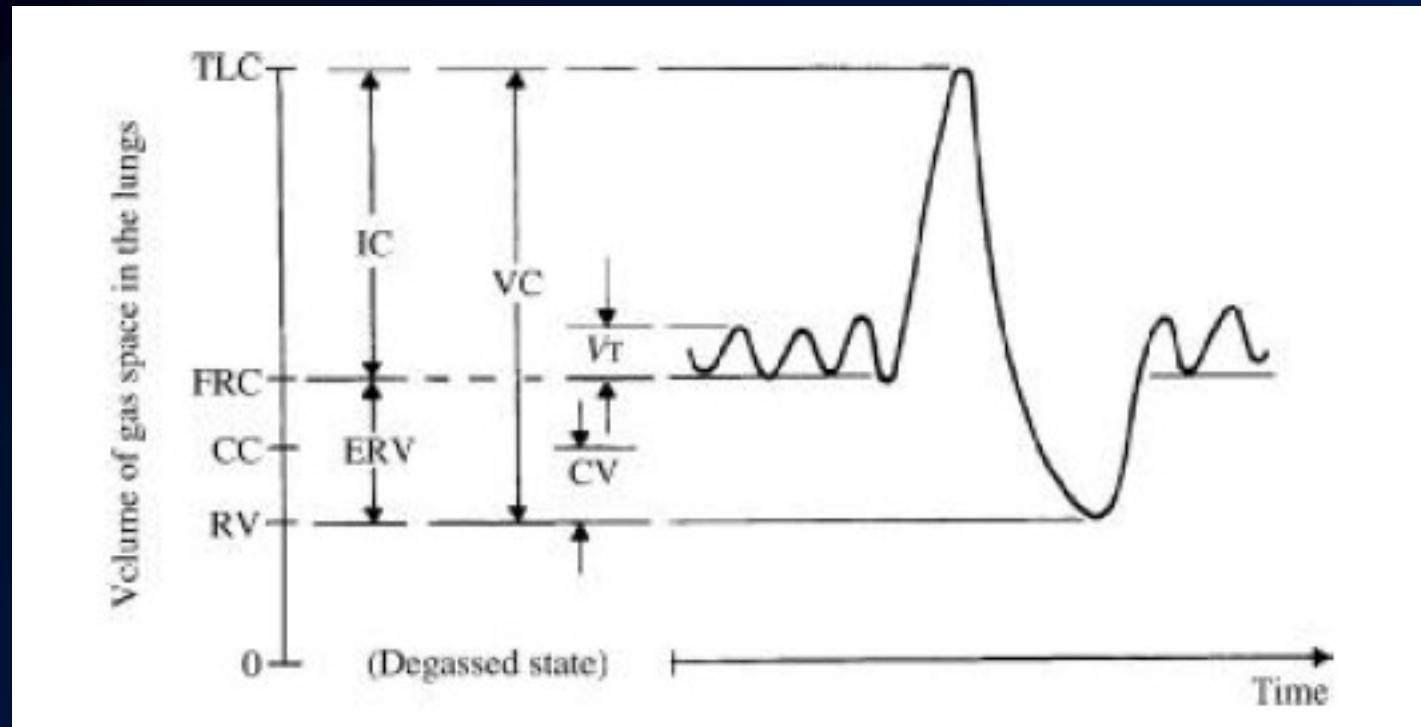


SEGNALI MECCANICI

MISURA DI VOLUME (PLETISMOGRAFIA) SPIROMETRIA (volume dei polmoni)



SEGNALI MECCANICI



VC=CAPACITA' VITALE

IC=CAPACITA' INSPIRATORIA

VT=TIDAL VOLUME, scambio gassoso a riposo

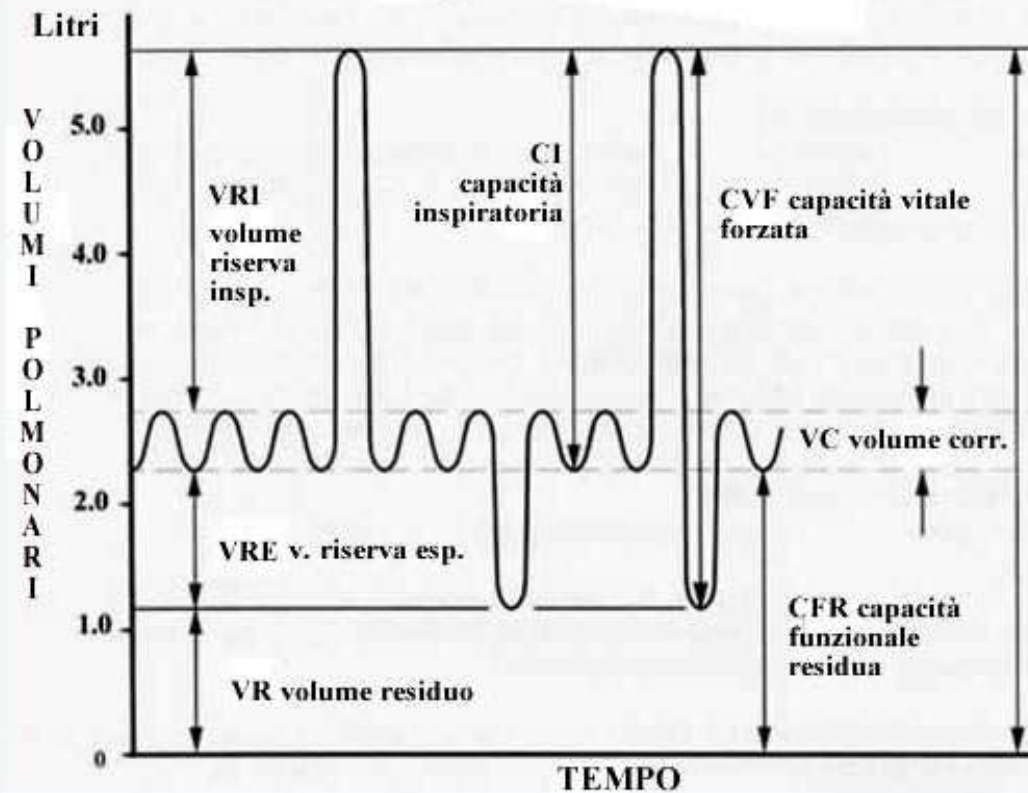
ERV=VOLUME DI RISERVA RESPIRATORIA

FRC=CAPACITA' FUNZIONALE RESIDUA

CAPACITA' TOTALE

SEGNALI MECCANICI

SPIROMETRIA e volumi polmonari statici



SEGNALI MECCANICI

DILUIZIONE CON COLORANTI Per valutare il flusso cardiaco

Si inietta un bolo di un colorante
(indocaina verde) nella vena cava
Un volume dV passa nel tempo dt
La concentrazione $C(t)=dm/dV \Rightarrow$

$$dm=C(t)*dV \Rightarrow dm/dt=C(t)*dV/dt$$

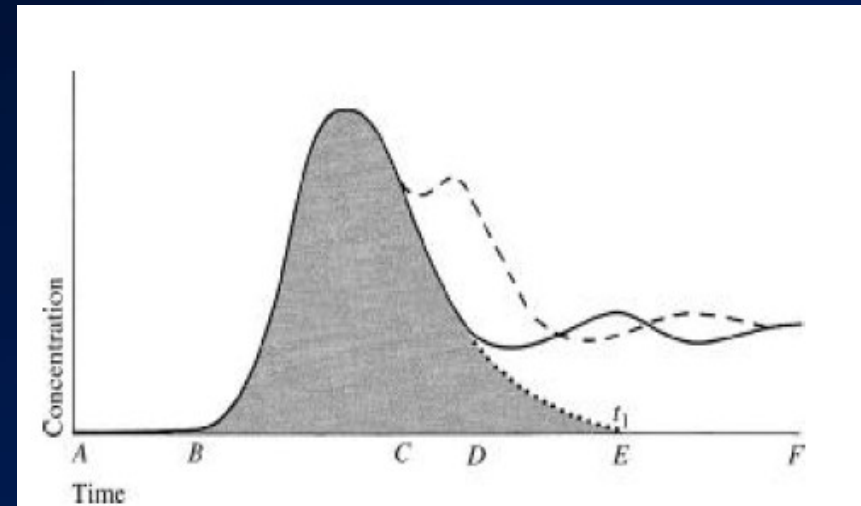
il flusso istantaneo $F_i=dV/dt \Rightarrow dm=F_i*C(t)*dt$

Integrando

$$m = \int_0^{t_1} F_i C(t) dt$$

Con t_1 = istante E (quando teoricamente il bolo è
'passato')

Da cui il flusso medio (l'integrale equivale
all'area sottesa dalla curva di diluizione)



Linea continua: ricircolo
Tratteggiata: rapido
ricircolo = passaggio dx-
sin del cuore

$$F = \frac{m}{\int_0^{t_1} C(t) dt}$$

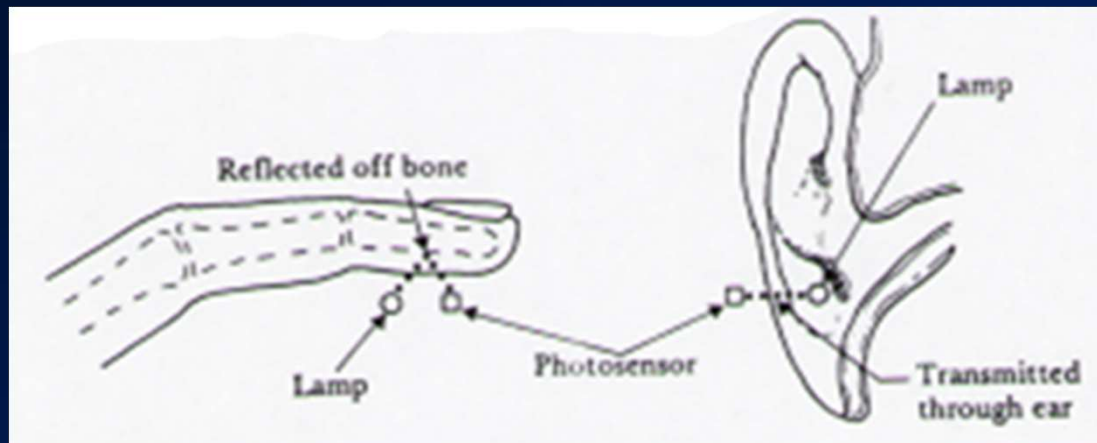
SEGNALI LUMINOSI

FOTOPLETISMOGRAFO

Misura R-R utilizzando trasmissione/riflessione luce dei capillari che pulsando variano di volume modificando l'assorbimento/riflessione luce

Semplice – economico

Sorgente non riscaldante + filtro per selezionare IR



SEGNALI LUMINOSI

FOTOPLETISMOGRAFO

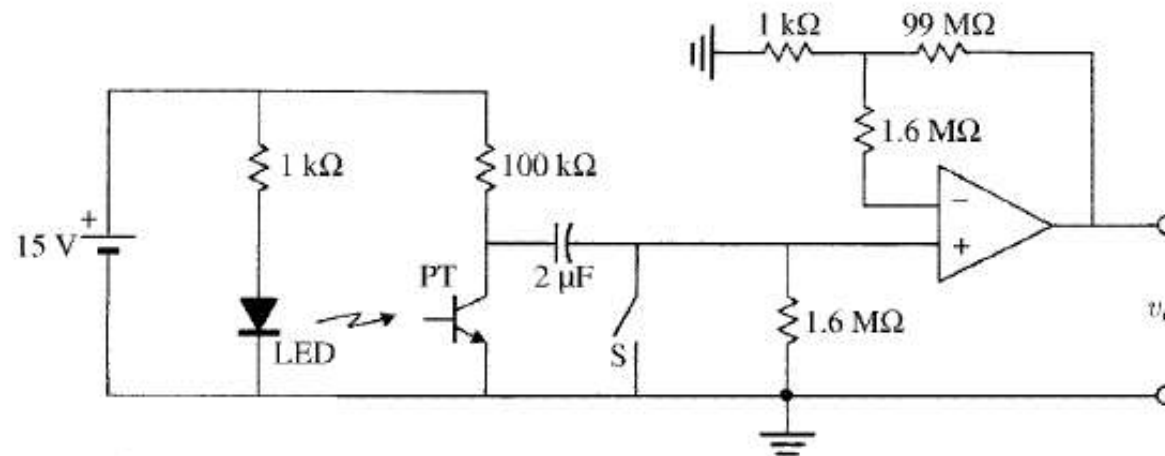


Figure 8.21 In this photoplethysmograph, the output of a light-emitting diode is altered by tissue absorption to modulate the phototransistor. The dc level is blocked by the capacitor, and switch S restores the trace. A

Polarizz. Diodo: $15\text{mA} \Rightarrow R=15/0.015=1\text{K}\Omega$

Polarizz. Fototransistor: $150\mu\text{A}$ $R=15/0.00015=100\text{K}\Omega$

Passa alto a 0.05Hz : $R=1/(2\pi 0.05 * C)$, $C=2\mu\text{F} \Rightarrow R=1.6\text{M}\Omega$

$V_o/V_{in}=(1+99000/1) !!$

SEGNALI LUMINOSI

PULSIOSSIMETRO

Pressione parziale O_2 nei tessuti per permettere scambi metabolici: 3mmHg

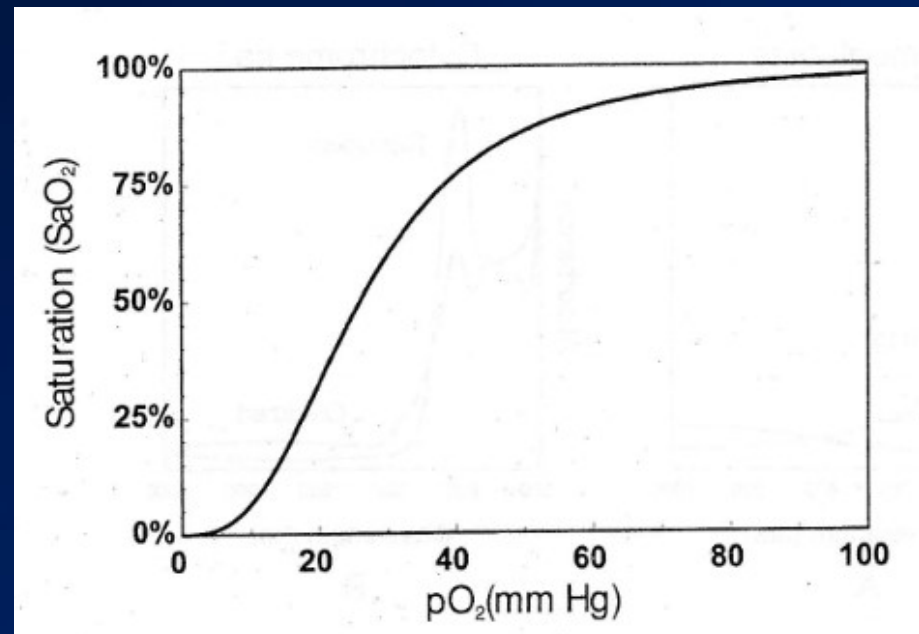
=> Nei capillari 40mmHg

=> Nelle arterie circa 95mmHg

SaO_2 = % emoglobina ossigenata sul totale

Con una normale PA > 90mmHg, la SaO_2 dovrebbe essere almeno del 95%!

pO_2 al 50% = 26mmHg



SEGNALI LUMINOSI

L'emoglobina ossigenata e quella ricca di CO_2 hanno colore diverso.

L'ossigenata assorbe molto nel blu e appare rossa

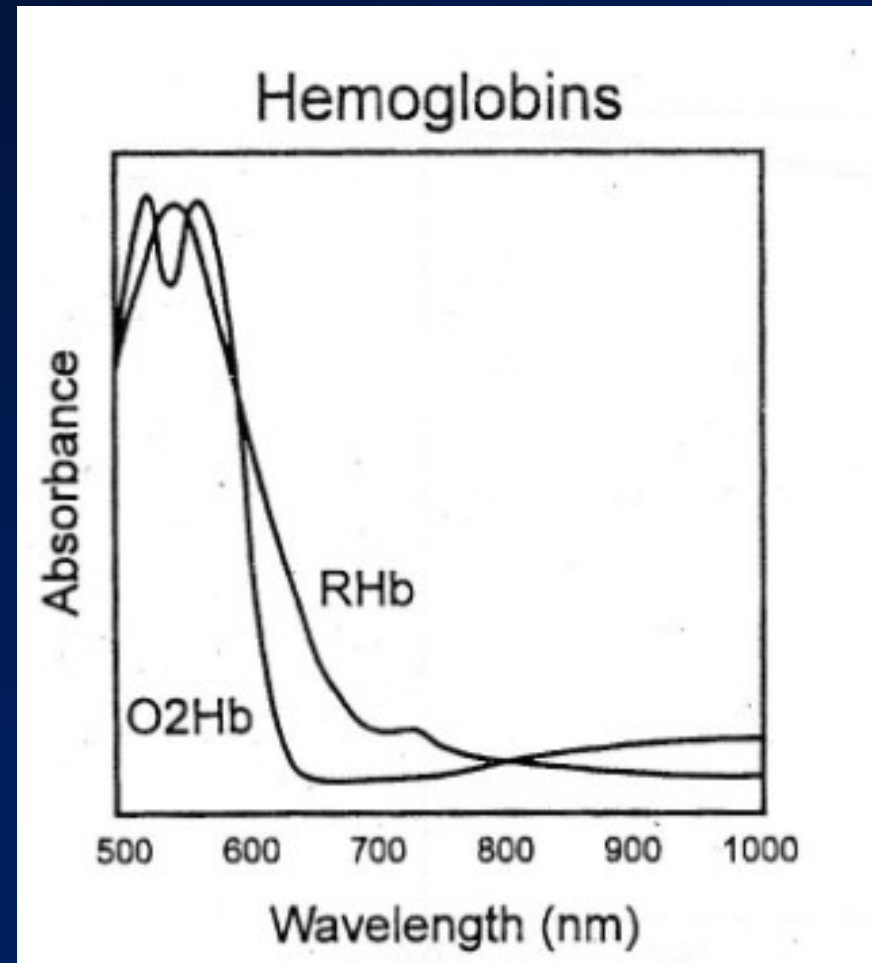
La deossigenata assorbe nel visibile e appare molto scura

La differenza nello spettro dell'assorbimento è utilizzata per il pulsossimetro

Legge di Lambert-Beer: $P = P_0 * 10^{-aLC}$

$\text{SaO}_2 \% = \text{O}_2\text{Hb} / (\text{RHb} + \text{O}_2\text{Hb}) * 100$

«Pulsi» inteso nell'arco di 1 battito cardiaco durante il quale gli elementi 'interferenti' restano praticamente costanti, variando solo le caratteristiche del sangue arterioso --- anni '80

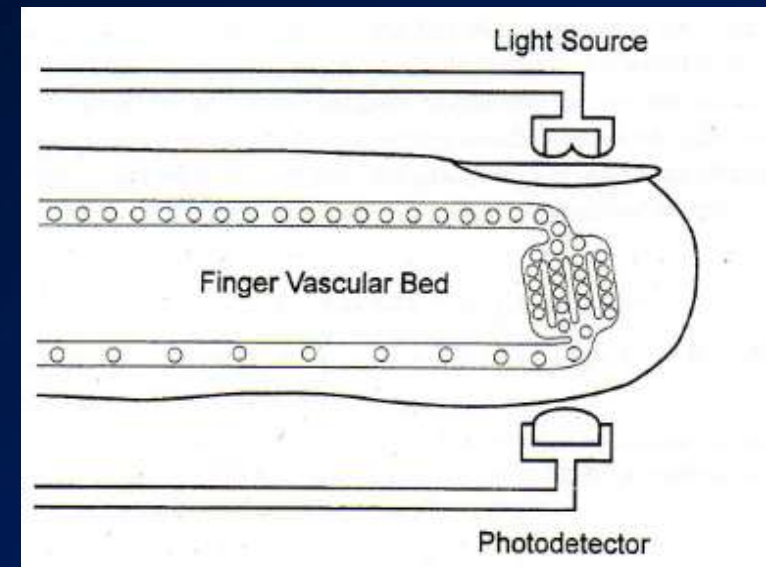


SEGNALI LUMINOSI

La trasmissione alle 2 lunghezze d'onda (visibile: 660nm, IR: 890- 950 nm) è funzione dello spessore, colore e struttura della pelle, tessuti, osso, sangue ecc.

L'ampiezza della variazione è circa 1/10 dell'intensità misurata

$$\text{Assorbanza} = aLC = -\log(P/P_0)$$



Per l'emoglobina ossigenata e ridotta alle lunghezze λ_1 e λ_2 :

$$A_{O\lambda_1} = a_{O\lambda_1} * c_O * L_O, \quad A_{O\lambda_2} = a_{O\lambda_2} * c_O * L_O$$

$$A_{R\lambda_1} = a_{R\lambda_1} * c_R * L_R, \quad A_{R\lambda_2} = a_{R\lambda_2} * c_R * L_R$$

(c_O, c_R = concentrazioni O_2Hb e RHb , L_O, L_R = lunghezze attraversate)

Per altre sostanze che cambiano l'assorbanza con λ :

$$A_{X\lambda_1} = a_{X\lambda_1} * c_X * L_X \quad \text{e} \quad A_{X\lambda_2} = a_{X\lambda_2} * c_X * L_X$$

Per tutto il resto (scattering, fattori geometrici, dispositivi): A_1 e A_2

Per cui l'assorbanza totale =

$$A_{\lambda_1} = A_{O\lambda_1} + A_{R\lambda_1} + A_{X\lambda_1} + A_1 \quad \text{e lo stesso per } \lambda_2$$

SEGNALI LUMINOSI

La variazione di volume sanguigno durante 1 battito modula le assorbanze MA

possiamo considerare nulle le derivate di $c_x * L_x$ ad entrambe le lunghezze d'onda lo stesso per le derivate di A_1 e A_2 (materiale fuori dal sangue, scattering sono invarianti durante un singolo battito)

possiamo considerare costanti le concentrazioni c_O e c_R durante 1 battito

variano solo le lunghezze attraversate L_R e L_O (ovvero i volumi di sangue attraversati che fanno variare l'assorbimento complessivo)

se tali variazioni di L sono tra loro equivalenti, almeno nel loro rapporto allora il rapporto R della variazione istantanea delle assorbanze alle due lunghezze d'onda vale:

$$R = (dA_{\lambda_1}/dt)/(dA_{\lambda_2}/dt) \Rightarrow$$

SEGNALI LUMINOSI

$$R = (dA_{\lambda_1}/dt) / (dA_{\lambda_2}/dt)$$

$$\text{Ma: } A_{\lambda_1} = -\log(P_{\lambda_1}/P_0)$$

$$R = (-d \log(P_{\lambda_1}/P_0) / dt) / (-d \log(P_{\lambda_2}/P_0) / dt) =$$

$$= (1/P_{\lambda_1} * d P_{\lambda_1} / dt) / (1/P_{\lambda_2} * d P_{\lambda_2} / dt) \sim$$

$$R = (\Delta P_{\lambda_1}/P_{\lambda_1}) / (\Delta P_{\lambda_2}/P_{\lambda_2})$$

Ma anche:

$$A_{\lambda_1} = A_{O \lambda_1} + A_{R \lambda_1} + A_{X \lambda_1} + A_1 =$$

$$a_{O \lambda_1} * c_O * L_O + a_{R \lambda_1} * c_R * L_R + a_{X \lambda_1} * c_X * L_X + A_1$$

Che derivata (e con $d L_O/dt \sim d L_R/dt$):

$$\Rightarrow R = (a_{O \lambda_1} * c_O + a_{R \lambda_1} * c_R) / (a_{O \lambda_2} * c_O + a_{R \lambda_2} * c_R)$$

$R = (\Delta P_{\lambda_1}/P_{\lambda_1}) / (\Delta P_{\lambda_2}/P_{\lambda_2})$ che misuro con lo strumento

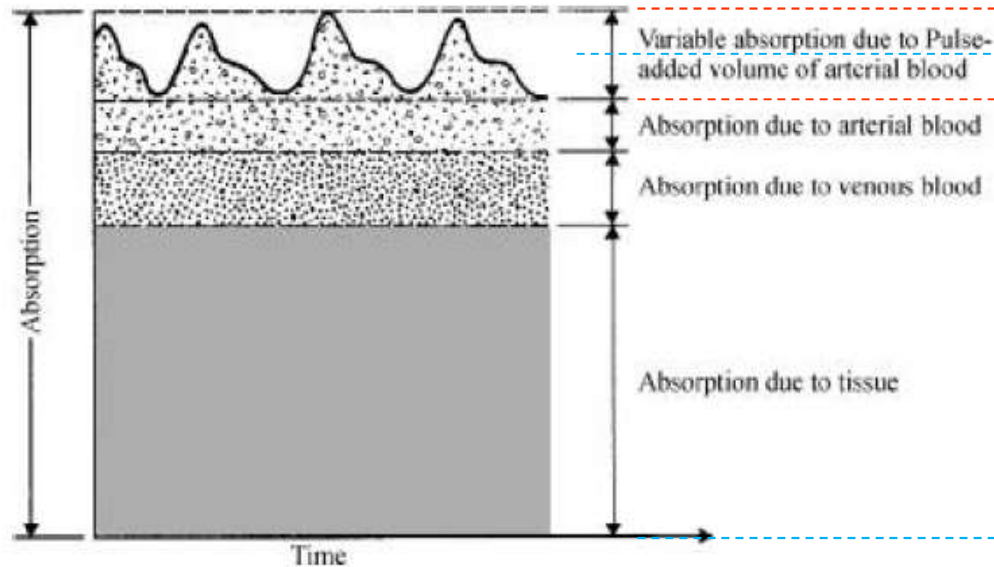
$$= (a_{O \lambda_1} * c_O + a_{R \lambda_1} * c_R) / (a_{O \lambda_2} * c_O + a_{R \lambda_2} * c_R)$$

Siccome $SaO_2 = c_O / (c_O + c_R)$ e $(1 - SaO_2) = c_R / (c_O + c_R)$ si può ricavare:

$$SaO_2 = (a_{R \lambda_1} - a_{R \lambda_2} * R) / [(a_{R \lambda_1} - a_{O \lambda_1}) - (a_{R \lambda_2} - a_{O \lambda_2}) * R]$$

SEGNALI LUMINOSI

Sulla curva delle potenze misurate, che ha un andamento simile a quello dell'assorbimento, si rilevano ΔP e P a λ_1 e λ_2



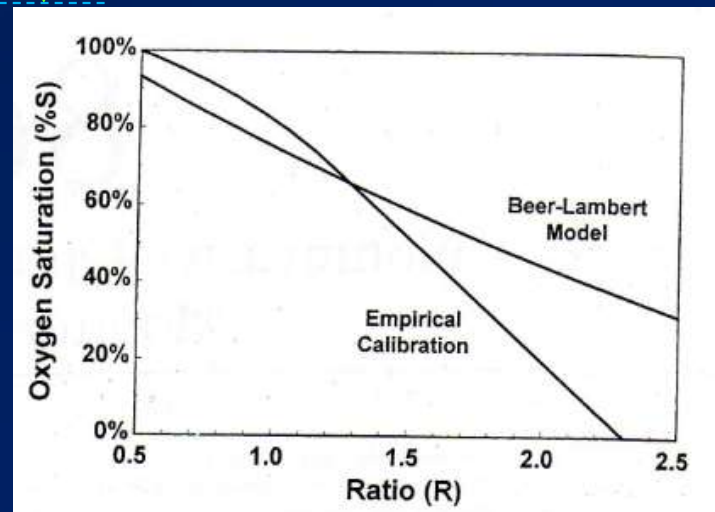
$a_{\lambda_1}: \Delta P_{\lambda_1}$

$a_{\lambda_1}: P_{\lambda_1}$

Figure 10.19 The pulse oximeter analyzes the light absorption at two wavelengths of only the pulse-added volume of oxygenated arterial blood. [From Y. M. Mendelson, "Blood gas measurement, transcutaneous," in J. G. Webster (ed.), *Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation*. New York: Wiley, 1988, pp. 448–459. Used by permission.]

La relazione tra R e SaO_2 non è esattamente quella teorica ma la si può ricavare empiricamente \Rightarrow

Larghezza banda LED: 20-50nm



SEGNALI ELETTROMAGNETICI

FLUSSIMETRO ELETTROMAGNETICO

Misura di flusso pulsante istantaneo (p.es. attorno un arto o un'arteria)

f.e.m. e indotta sul conduttore in movimento (sangue) da B rilevata tra 2 elettrodi a distanza L

Se B e u uniformi e B , L e u ortogonali allora $e = B \cdot L \cdot u$
MA

- non uniformità di u e B
- B continua produce polarizz. Elettrodi

=> B in ac **MA**

Attenzione inclinazione superficie

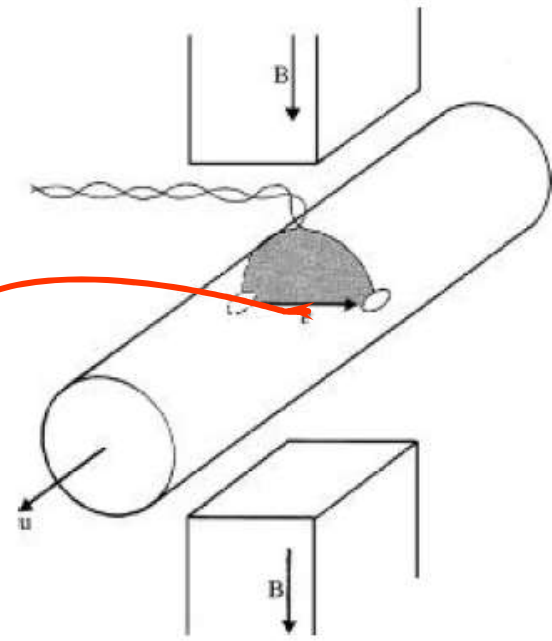
$$e = \int_0^{L_1} \mathbf{u} \times \mathbf{B} \cdot d\mathbf{L}$$

where

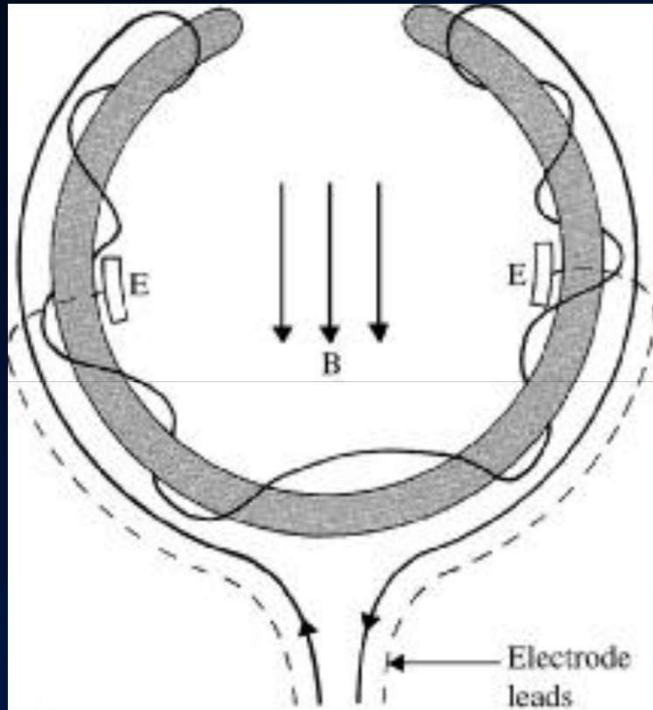
\mathbf{B} = magnetic flux density, T

L = length between electrodes, m

\mathbf{u} = instantaneous velocity of blood, m/s



SEGNALI ELETTROMAGNETICI



Avvolgimento in direzione opposta sui lati in modo da generare un flusso magnetico B dall'alto in basso

SEGNALI BIOMAGNETICI

MAGNETOENCEFALOGRAFIA (MEG) , MAGNETOCARDIOGRAFIA (MCG), MAGNETO PNEUMOGRAFIA (MPG) -- Dalla fine anni '90

Cuore, polmoni e cervello producono deboli campi magnetici

Campi di circa 0.1pT a 5cm dallo scalpo...

c.m. terrestre circa 50 μ T! c.m. rumore urbano circa 10-100nT!

Magnetometri SQUID (Superconducting Quantum Interference Device) hanno una sensibilità di 0.01pT

**Centinaia di 'canali' => mappe MEG
Informazioni complementari a quelle dell'EEG**

**servono
SCHERMI C.M.!**



SEGNALI BIOCHIMICI -- LAB. CHIMICO-CLINICO

Sezioni principali del laboratorio:

- **Chimico:** sangue/urina/liquido cerebro-spinale
- **Ematologico:** # e caratteristiche degli elementi del sangue: g.r., g.b., piastrine
- **Microbiologico:** su tessuti e fluidi per rilevamento micro-organismi
- **Banca del sangue**

Richieste: accuratezza e precisione, controllo di qualità, risposta veloce

LEGGE di LAMBERT-BEER

$$P = P_0 10^{-aLC} \quad \Rightarrow \text{ per misurare la concentrazione } C$$

eguali spessori di un materiale assorbono una porzione costante dell'energia incidente

P_0 =potenza incidente, **P** =potenza radiante misurata, **a** =assorbività del materiale (coeff. di assorbimento), funzione di λ , **L** =lunghezza cuvette, **C** =concentrazione sostanza nel campione

SEGNALI BIOCHIMICI -- LAB. CHIMICO-CLINICO

SPEKTROFOTOMETRIA

basata sulla proprietà di una sostanza di assorbire energia elettromagnetica ad una determinata λ

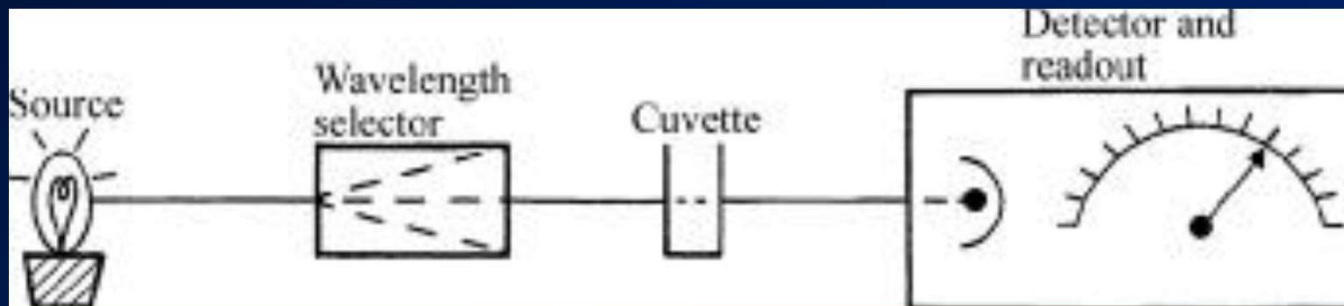
Ultravioletti: 200-400nm

Visibile: 400-700nm

Vicino IR: 700-800nm

Cuvette: contenitore trasparente

Rilevatori: fotomoltiplicatori/fototransistor, risposte proporzionali all'energia ricevuta



Reagenti per cambiare le λ delle sostanze
(spettro del composto viene modificato)

SEGNALI BIOCHIMICI -- LAB. CHIMICO-CLINICO

Sorgente:

Idrogeno/deuterio 200-360nm ---- Tungsteno 360-800nm

>tensione => >componenti in alta frequenza e < vita della lampada

Filtri:

- **Vetro colorato (p.basso/p.banda), larghezza banda >50nm, combinazioni di filtri, richiedono > energia radiante**
- **A interferenza: serie di specchi per portare in fase solo una piccola banda (10-15nm). Si generano armoniche => servono filtri p.basso**
- **Monocromatori: mediante prismi (vetro >350nm, quarzo < 350nm) si allarga spazialmente il fascio e attraverso una fessura mobile si seleziona la banda (circa 0.5nm). Distribuzione potenze non lineare nelle bande => si usano griglie di diffrazione => alti costi**

SEGNALI BIOCHIMICI -- LAB. CHIMICO-CLINICO



SEGNALI BIOCHIMICI -- LAB. CHIMICO-CLINICO

PROCEDURA DI CALIBRAZIONE (misura per confronto)

Per determinare C [g/l], si prende una sostanza di concentrazione nota C_s

da $P/P_0 = 10^{-aLC}$ **Trasmittanza%: $T\% = 100 * P/P_0 = 100 * 10^{-aLC}$**

Assorbanza $\Rightarrow A = aLC$

$A = -\log(P/P_0) = \log(100/\%T) = 2 - \log(\%T)$

$A_x = aLC_x = 2 - \log(\%T_x)$ $A_s = aLC_s = 2 - \log(\%T_s) \Rightarrow$

$A_x/A_s = aLC_x/aLC_s$

$C_x = C_s A_x/A_s = C_s (2 - \log(\%T_x)) / (2 - \log(\%T_s))$

**Esperienza: per misure accettabili $.11 < A < 1 \Rightarrow 10\% < \%T < 78\%$
diluendo o concentrando**

SEGNALI BIOCHIMICI -- LAB. CHIMICO-CLINICO

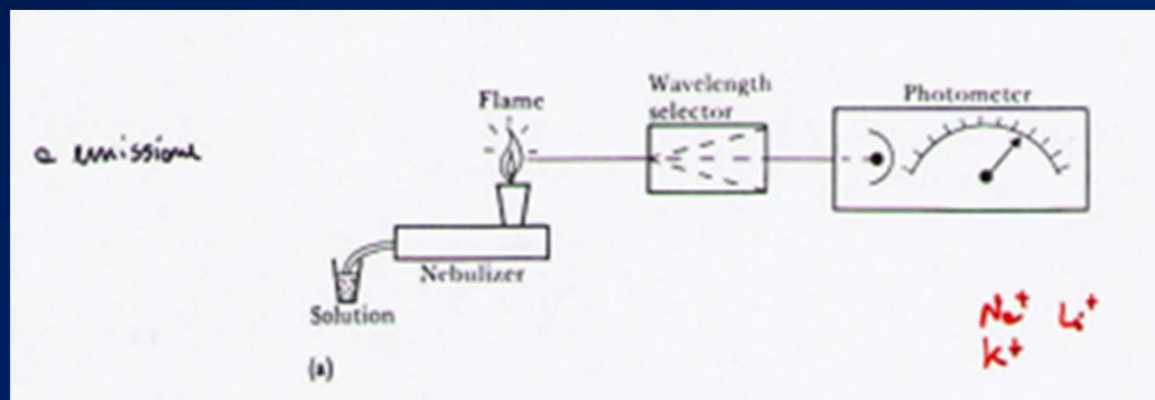
FOTOMETRIA A FIAMMA: ad emissione o ad assorbimento
Vanno bene per determinare concentrazione di metalli

AD EMISSIONE (atomica):

Na⁺, K⁺, Li⁺

Eccitazione atomi per calore della fiamma
ritornando allo stato di riposo emettono alla lunghezza λ
in modo \sim alla concentrazione atomi

Propano usato per la fiamma
Li⁺ usato per calibrazione



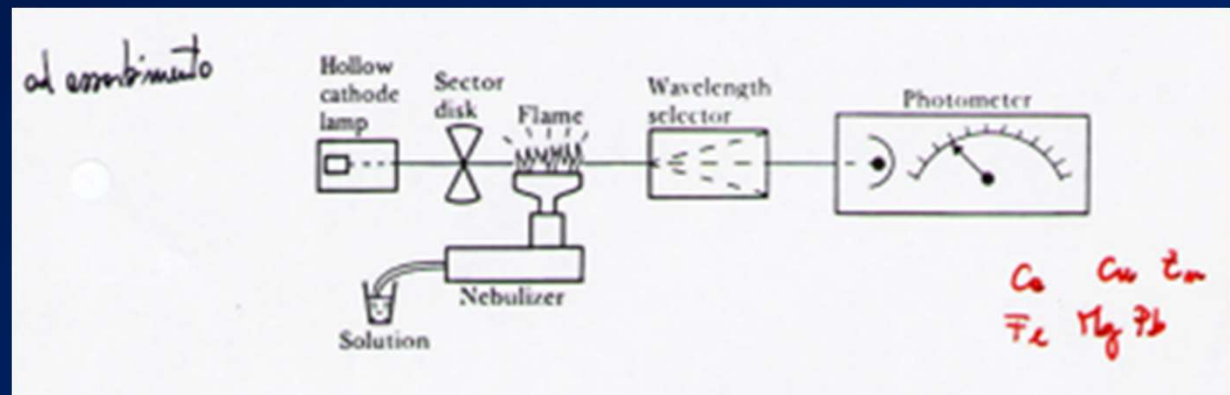
SEGNALI BIOCHIMICI -- LAB. CHIMICO-CLINICO

AD ASSORBIMENTO:

Va bene per determinare concentrazione di metalli come Ca, Cu, Zn, Fe, Mg, Pb

Catodo del metallo di interesse che viene riscaldato e i suoi atomi riempiono la cavità ed emettono alla λ caratteristica degli atomi da esaminare. Il fascio passa attraverso una fiamma che ne assorbe potenza (atomi eccitati da quella λ) in modo \sim alla concentrazione. Per differenziare tra luce emessa dalla sorgente e dalla fiamma a λ , il fascio, la cui intensità è nota, è pulsante

Si usa monocromatore e fotomoltiplicatore

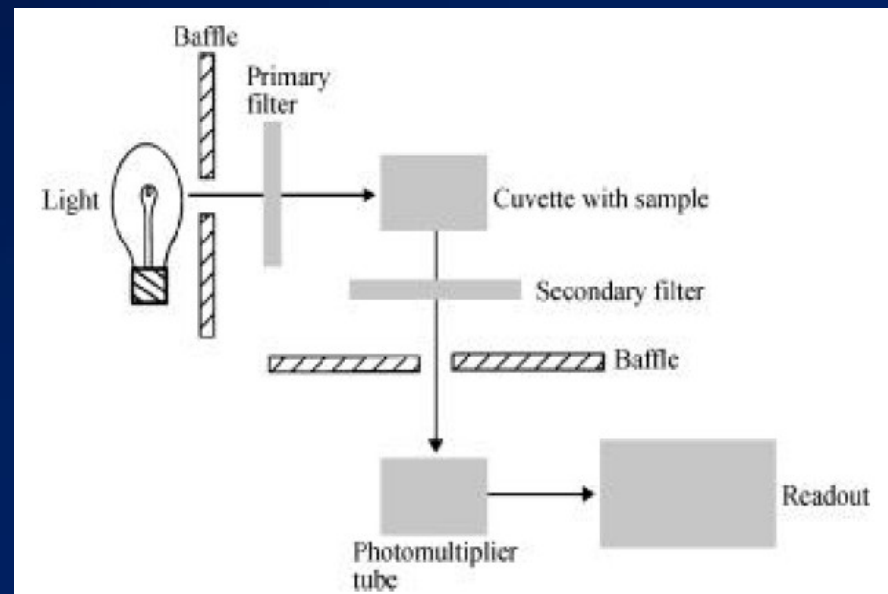


FLUORIMETRIA

- Si sfrutta la fluorescenza
 - Elevata sensibilità (anche 4 ordini di grandezza > della fotometria)
 - Misura diretta
 - Altamente specifica: solo poche sostanze sono fluorescenti
- Misura fino a pg di sostanza

Sostanze molto diluite in modo che la luce emessa dalla sorgente non venga assorbita da altre molecole

Molto sensibile alla T e al pH!!



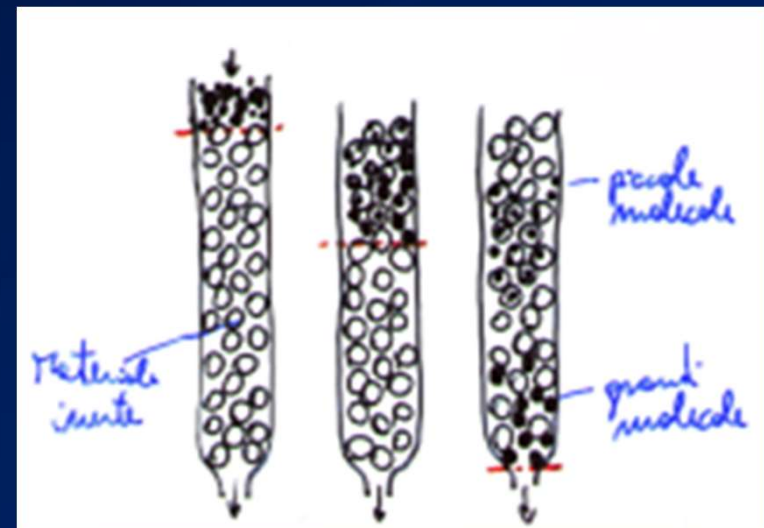
SEGNALI BIOCHIMICI -- LAB. CHIMICO-CLINICO

CROMATOGRAFIA Separa misture (ormoni, droghe,...) nei componenti che le costituiscono

- Grande sensibilità (anche ng)
- Buona velocità di risposta (15'-60')

Due fasi: stazionaria (liquida/solida) e mobile (gas o liquida)

La differenza di velocità della fase mobile nella stazionaria permette la separazione

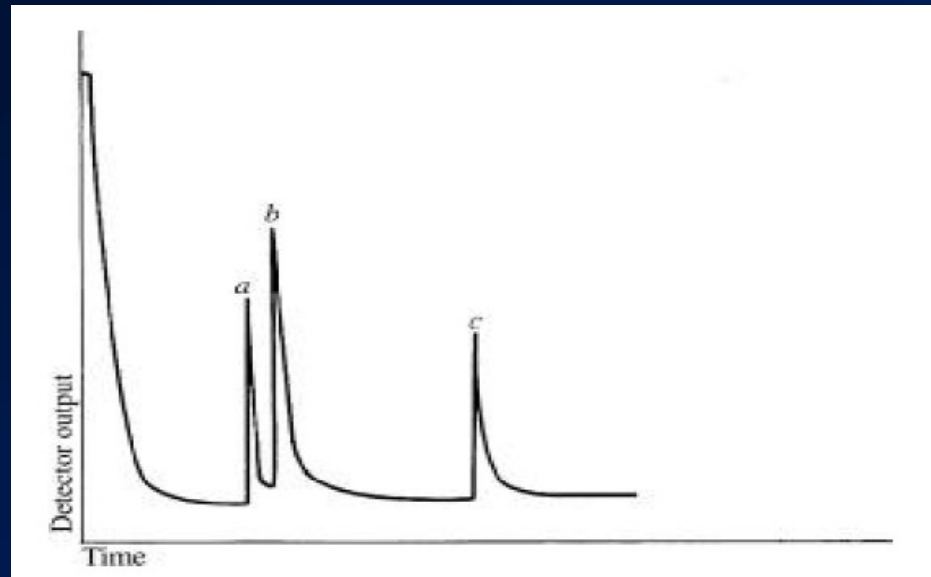


Diametri colonna: 0.5-10mm, lunghezze 1-100m

Materiale inerte e con alta superficie di interazione:
terra di diatomee

GAS e LIQUIDO CROMATOGRAFIA

Uscita nel tempo in funzione del componente



Area sotto i picchi è \sim quantità del componente
Calibrazione: si aggiunge una sostanza di C nota

SEGNALI BIOCHIMICI -- LAB. CHIMICO-CLINICO

ELETTROFORESI

Proteine del plasma, urine, liquido cerebro-spinale

Enzimi, anticorpi, ecc.

Campione posto sul supporto

Movimento del campione per effetto del c.e. su un mezzo di supporto da una soluzione tamponata (pH costante) a un'altra.

Le molecole di stesso peso molecolare e polarità si muoveranno alla stessa vel.

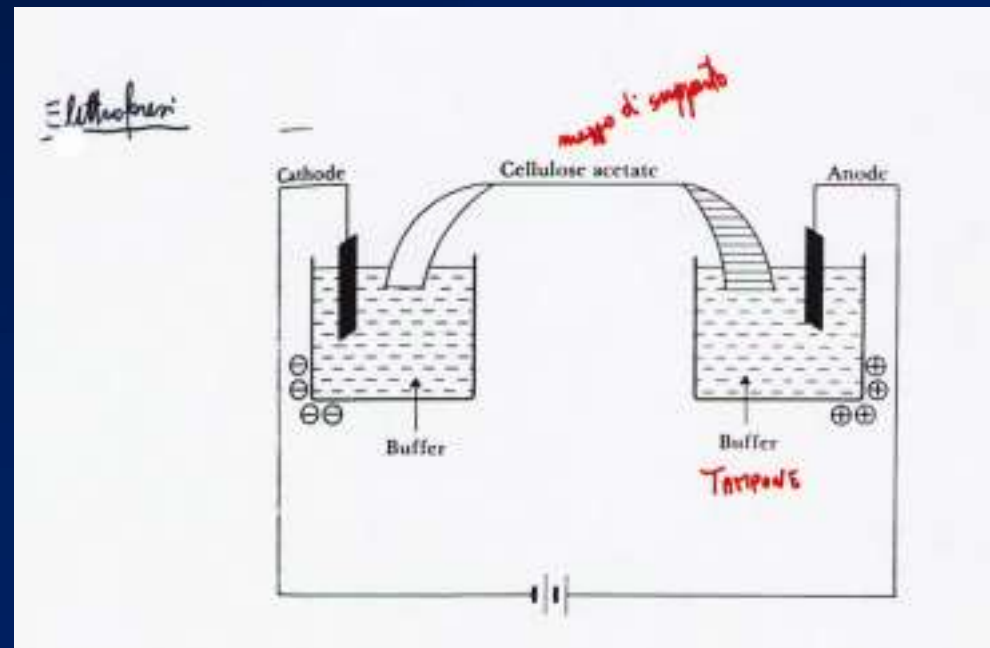
Separazione in bande

Velocità in funzione della V

Temperatura controllata

Campo elettrico: 250V 4-6mA

15'-20' per elettroforesi

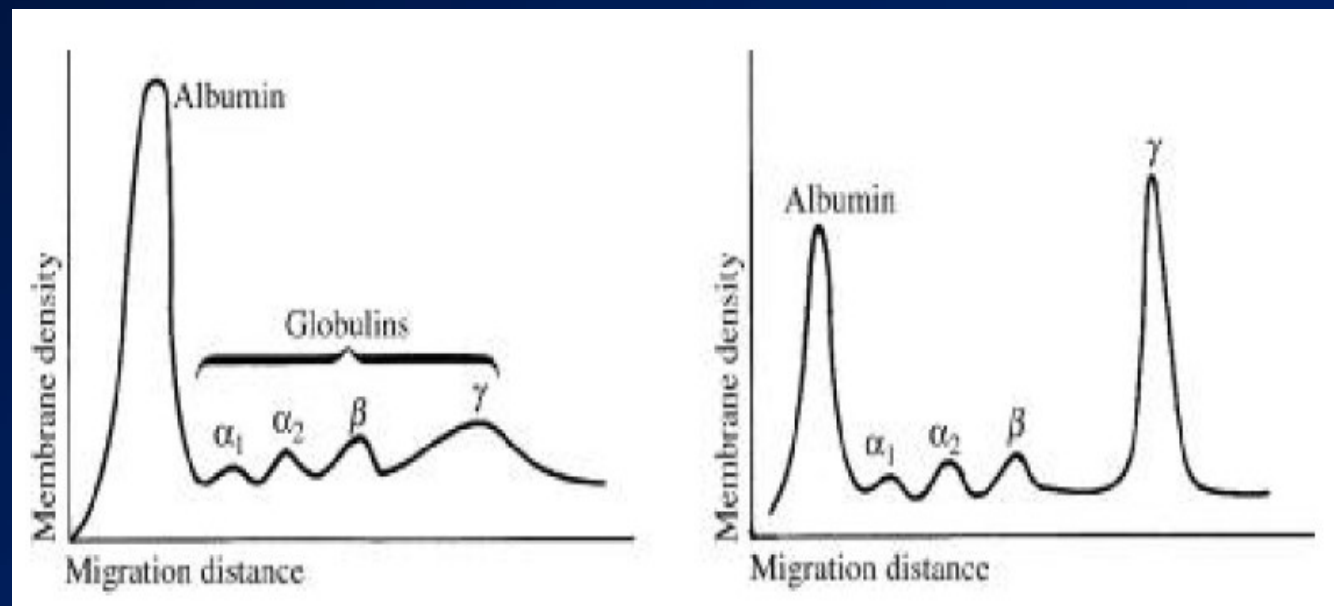


SEGNALI BIOCHIMICI -- LAB. CHIMICO-CLINICO

ELETTROFORESI

Striscia con bande passa ad un densitometro (luce+fotocellula)
In uscita segnale \sim alla densità della banda e alla sua ampiezza

Area \sim quantità dell'elemento
Esempio: proteine del siero



SEGNALI BIOCHIMICI -- LAB. CHIMICO-CLINICO

EMATOLOGIA

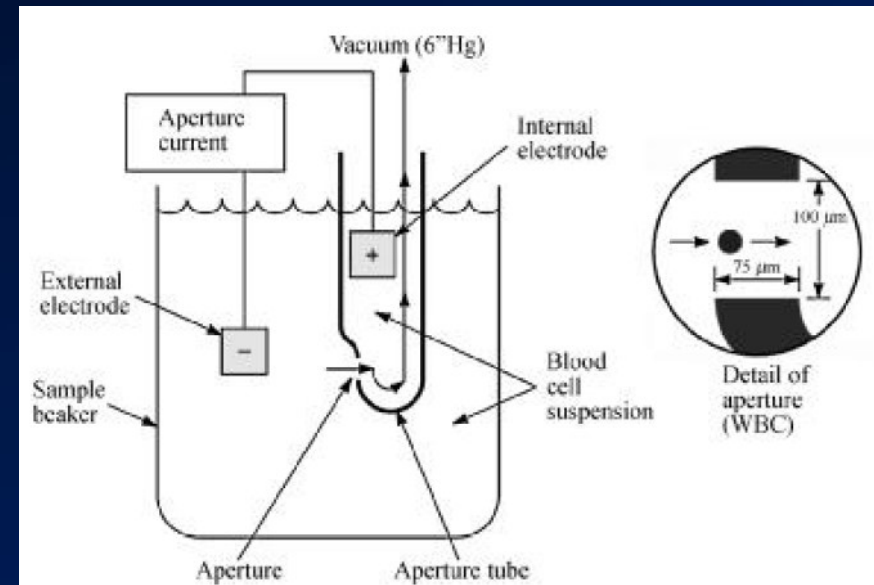
G.rossi 4.6-6.8M/ μ l M//F 4.2-5.4M/ μ l

G.bianchi (vari tipi) 4500-1100/ μ l

Piastrine 150000-400000/ μ l

Valori assoluti e loro rapporti

Contaglobuli (nr elementi per μ l)



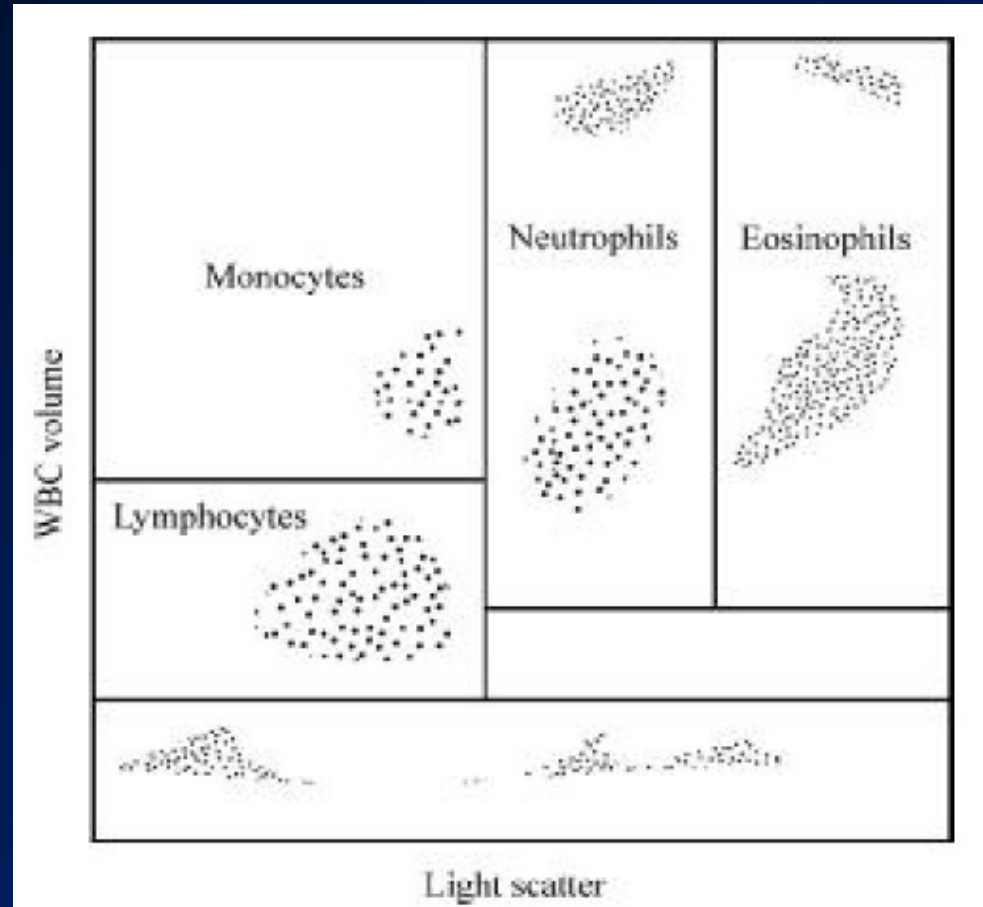
**Variazione di R quando una particella passa attraverso il foro
Si contano gli impulsi generati => sottostima**

**Errori per passaggio contemporaneo di più particelle corretto in modo statistico usando due contaglobuli in parallelo e confronto conteggi in tempo reale
se differenza supera soglia si rifà da capo**

SEGNALI BIOCHIMICI -- LAB. CHIMICO-CLINICO

I globuli bianchi vengono divisi secondo la loro forma e dimensione in 6 famiglie:

Linfociti, monociti, neutrofili, basofili, eosinofili, macrofagi



SEGNALI BIOCHIMICI -- LAB. CHIMICO-CLINICO

HCT= EMATOCRITO= rapporto tra volume delle particelle e volume del sangue nel campione esaminato (40-54% M, 35-47% F)

Hb= Emoglobina 13.5-18g/dl M, 12-16g/dl F

MCV= Volume Corpuscolare Medio 82-98 μm^3 (< nella talassemia)

MCH= Emoglobina Corpuscolare Media 27-31 pg

MCHC= Concentrazione dell'Emoglobina Corpuscolare Media 32-36%

$\text{MCV} = 10\text{HCT}/\#\text{g.r.}$, $\text{MCH} = 10*\text{Hp}/\#\text{g.r.}$, $\text{MCHC} = 100*\text{Hb}/\text{HCT}$

RDW=larghezza della distribuzione delle dimensioni dei globuli rossi (grande in alcune anemie)

SEGNALI DAL PUNTO DI VISTA DEI SISTEMI FISIOLGICI

SISTEMA CARDIOCIRCOLATORIO:

ECG: Attività elettrica 'globale', F-ECG

V-ECG: bi-tri-dimensionale

Mappe Cardiache: => ricostruzione delle 'sorgenti'

PRESSIONE: misure dirette/cateteri (arteriosa/venosa)

Misure indirette: pletismografo a impedenza, Sigmomanometro

Misure di flusso: flussimetro elettromagnetico

Fonocardiografia: funzionamento valvole

Fotopletismografia/Apexcardiografia/Cardiotacometri: freq. R-R

Monitor cardiaci

Analisi chimico-clinica: composizione sangue

SEGNALI DAL PUNTO DI VISTA DEI SISTEMI FISIOLGICI

SISTEMA RESPIRATORIO:

Pneumografo a impedenza/estensimetri: andamento ritmo respiratorio/apnea

Pneumotacografo: misura del flusso a partire da diff. pressione

Spirometro: misura di volumi polmonari

Saturimetro/pulsiossimetro: misura la saturazione parziale O_2

Rinomanometria: misura flusso e pressione direttamente dalle vie nasali (per valutare le riniti)

SEGNALI DAL PUNTO DI VISTA DEI SISTEMI FISIOLGICI

SISTEMA NERVOSO CENTRALE (SNC):

Singolo neurone/più neuroni (sincronizzati o meno)

E' importante la codifica delle sequenze di spike

Microelettrodi ad alta Z => preampl. $Z_{in} \sim 10^{12}$

Piccoli segnali => schermare ambienti

EEG SPONTANEO: bande, ritmi, spettri, potenze

EEG EVOCATO: vari tipi, oggettivo, averaging sincronizzato

ECoG: intracranico

SEGNALI DAL PUNTO DI VISTA DEI SISTEMI FISIOLGICI

SISTEMA NERVOSO PERIFERICO:

ENG: sensoriale, motorio, misto

ERG: funzionalità retinica

EOG: funzionalità orecchio interno (VOR) e mov. oculari

EMG: volontario o stimolato

VOCE: patologie nervose / tumorali

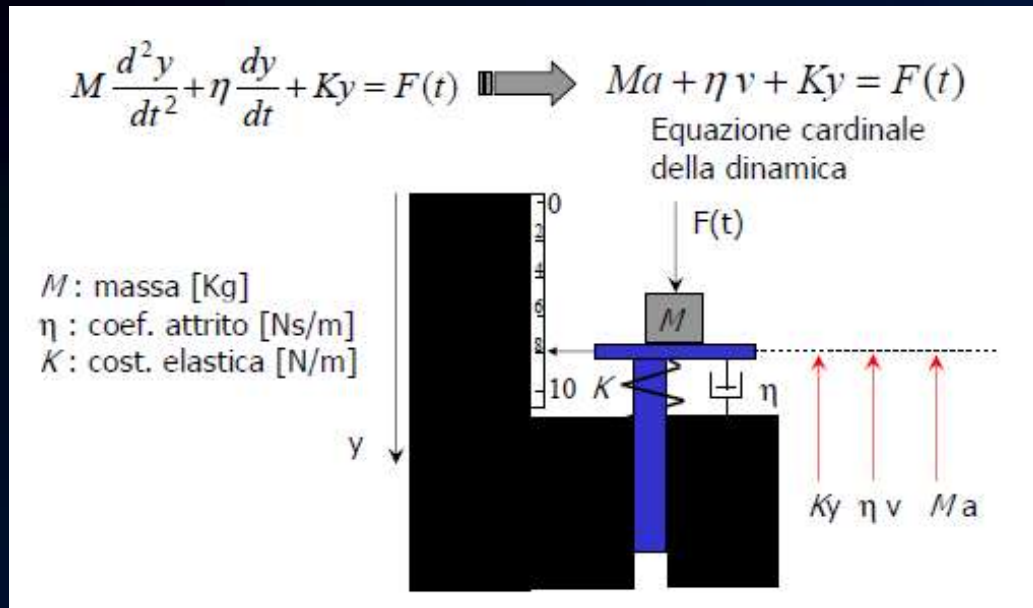
SISTEMA NERVOSO AUTONOMO:

Temperatura

Riflesso galvanico della pelle

EKG: muscoli lisci addominali

IMPEDENZIOMETRIA ACUSTICA



Da $F=P \cdot A$ (P =Pressione) e $u=v \cdot A$ (u =flusso)

$$P = M/A_2 \cdot du/dt + \eta/A_2 \cdot u + K/A_2 \cdot \int u dt$$

ANALOGIA ELETTRICO-MECCANICA

$$V = L \cdot di/dt + R \cdot i + 1/C \cdot \int i dt$$

$$Z = \text{Pressione} / \text{flusso}$$

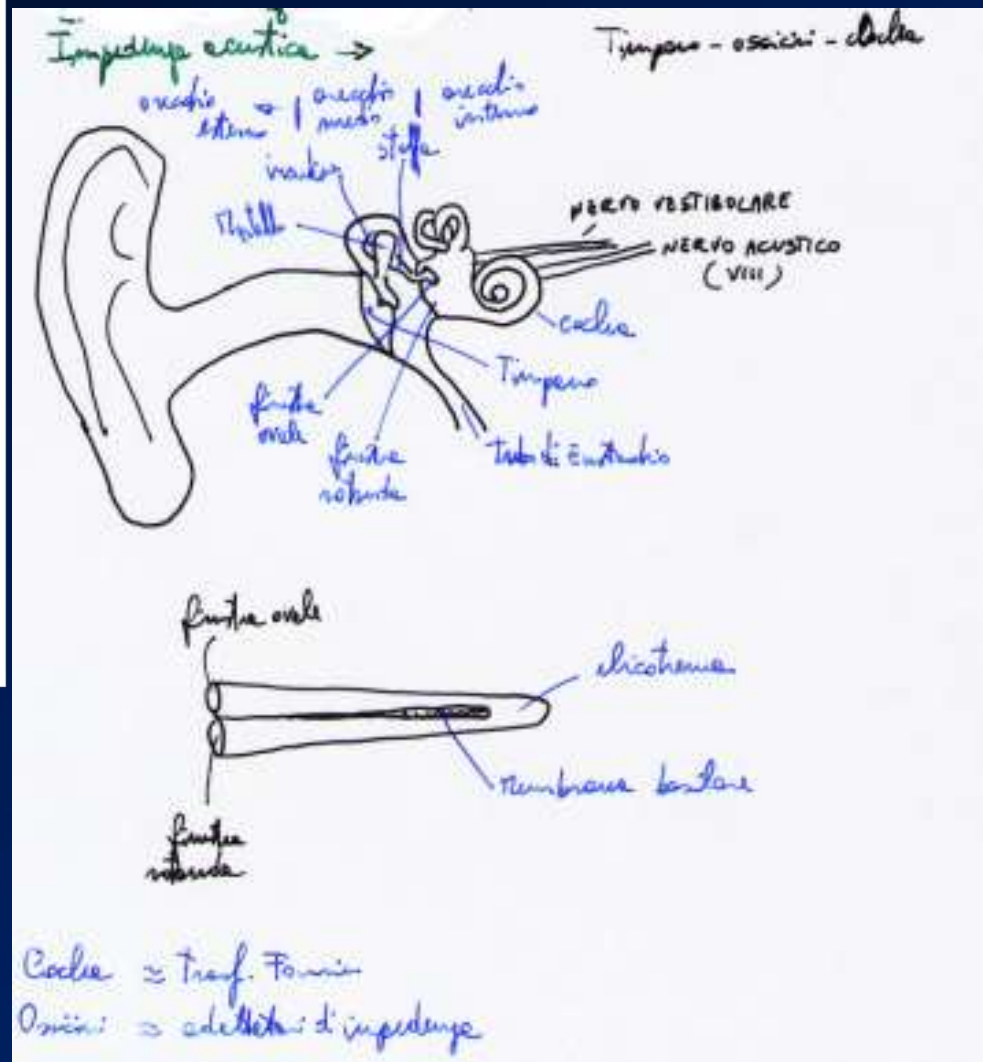
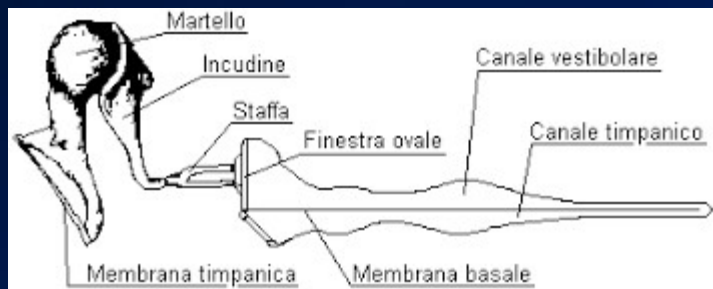
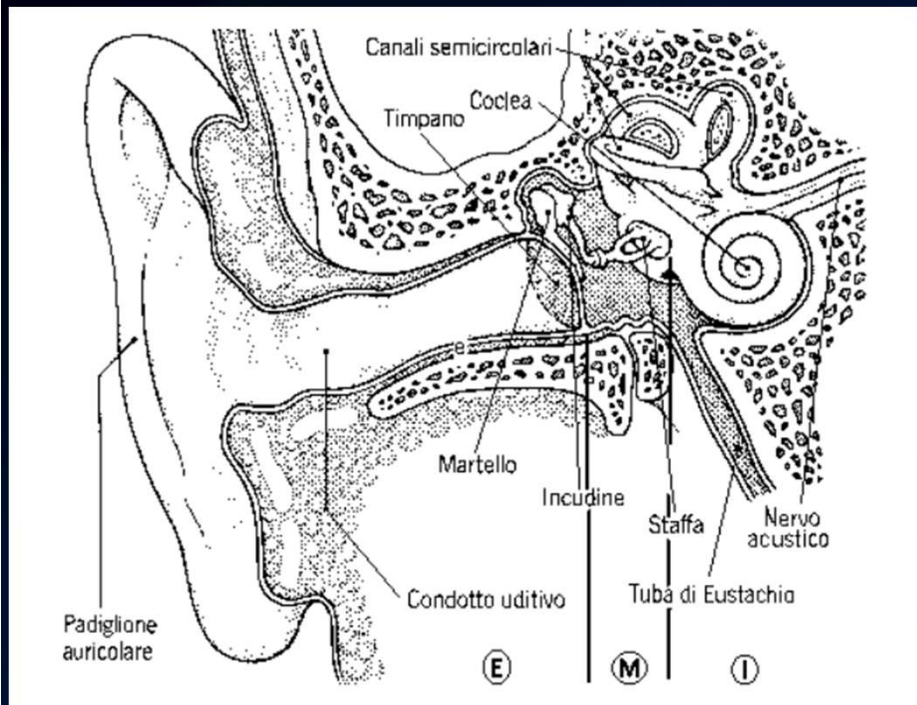
Altoparlante: generatore di flusso ---- di corrente
Microfono: rilevatore di pressione ---- di tensione

Si inietta corrente acustica costante e si misura la pressione sonora al variare della frequenza usata

SONDA introdotta nel condotto uditivo

vari fori: uno per variare (in + o - rispetto l'atmosferica) la pressione sul timpano fino a irrigidirlo, uno per l'altoparlante ed uno per il microfono

IMPEDENZIOMETRIA ACUSTICA



IMPEDENZIOMETRIA ACUSTICA ASSOLUTA E TIMPANOMETRIA

Valutazione funzionalità orecchio medio e interno (timpano, ossicini, coclea)

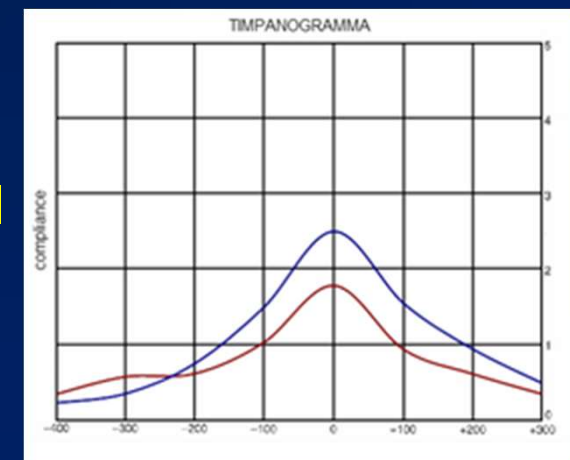
Si usano una serie di frequenze (220Hz, 660Hz, 880Hz e 1500Hz: no standard!)

Ad una certa corrente acustica e in tre condizioni di pressione
Si misura la Z come rapporto tra Pressione(microfono) e Flusso(altoparlante)

TIMPANOMETRIA ACUSTICA

Stesso strumento ma si fissa la freq. (220Hz) e si varia la pressione da -300daPascal a +300daPascal rispetto l'atmosferica

Si costruisce il diagramma di Nyquist della Z al variare della P



Orecchio Dx e Sin

Si può modellizzare l'orecchio Medio/interno

RIFLESSOMETRIA STAPEDIALE -- METODI PER I MOVIMENTI OCULARI

RIFLESSOMETRIA STAPEDIALE

Variazione della Z acustica dovute alla contrazione del muscolo stapediale evocata da uno stimolo controlaterale (1000Hz per 500ms a varie velocità)

Si misurano ampiezza e latenza della risposta e la forma

MOVIMENTI OCULARI

Search Coil: bobina sulla lente a contatto con o senza fili + due c.m. in quadratura a 5-100KHz, Ottima risoluzione ($<0.1^\circ$), range $\pm 30^\circ$, no bambini né clinica

Limbus tracking: riflessione del limbo + IR, risol. 0.1° , range $\pm 30^\circ$

Metodo della doppia immagine di Purkinje

VOG: VideoOculoGrafia, 50-60Hz, alti costi, risol. 0.1° , range $\pm 30^\circ$

INTERVALLI DI MISURA (AMPIEZZA/FREQUENZA) SEGNALI BIOMEDICI

Tecnica di misura	Range	Banda (Hz)	Sensore o metodo
Ballistocardiografia	0-7 mg 0-100 μm	Dc-40	Accelerometro strain gage
Pressione vescicale	1-100 cm H ₂ O	Dc-10	Manometro a strain gage
Flusso sanguigno	1-300 ml/s	Dc-20	Flussimetro (ultrasonico o magnetico)
Pressione arteriosa (diretta)	10-400 mmHg	Dc-50	Manometro a strain gage
Pressione arteriosa (indiretta)	25-400 mmHg	Dc-60	Manicotto e fonendoscopio

INTERVALLI DI MISURA (AMPIEZZA/FREQUENZA) SEGNALI BIOMEDICI

Tecnica di misura	Range	Banda (Hz)	Sensore o metodo
Pressione venosa	0-50 mmHg	Dc-50	Strain gage
Gas nel sangue PO ₂ PCO ₂ PN ₂ PCO	30-100 mmHg 40-100 mmHg 1-3 mmHg 0.1-0.1 mmHg	Dc-2	
PH sanguigno	6.8-7.8	Dc-2	Elettrodo specifico
Gittata cardiaca	4-25 l/minuto	Dc-20	Diluizione - flussometro
ECG	0.5-4 mV	0.01-250	Elettrodi di superficie
EEG	5-300 μ V	0.05 - 150	Elettrodi di superficie
EMG (profondità)	0.1-5 mV	0.1 - 10000	Elettrodi ad ago

INTERVALLI DI MISURA (AMPIEZZA/FREQUENZA) SEGNALI BIOMEDICI

Tecnica di misura	Range	Banda (Hz)	Sensore o metodo
EMG (superficie)	0.1-5 mV	0.1-500	Elettrodi di superficie
Potenziali oculari EOG ERG	50-3500 μ V 0-900 μ V	DC - 70 DC - 70	Elettrodi di superficie
Pressione gastrointestinale	0-100 cmH ₂ O	Dc-10	Manometro strain gage
Potenziali nervosi	0.01-3 mV	0.01 - 10000	Elettrodi di superficie o di profondit�
Pletismografia	Organo dipendente	Dc-30	Camere pletismografiche
Flusso respiratorio	0-600 l/minuto	0.1-10	Cinghie pletismografiche termistore nasale flussometro
Temperatura	32-40°C	Dc-0.1	Termistori termocoppie

*Sognate e mirate sempre più in alto di
quello che ritenete alla vostra portata*

W.Faulkner