

---

# Bioimpedància: una eina per a l'estudi dels teixits biològics i la diagnòsi mèdica

Ramon Bragós i Bardia

Grup d'Instrumentació Electrònica i Biomèdica  
Departament d'Enginyeria Electrònica – ETSETB  
Centre de Recerca en Enginyeria Biomèdica  
Universitat Politècnica de Catalunya



**Mesura de les propietats elèctriques passives dels materials biològics**

**Tècnica no invasiva, no destructiva**

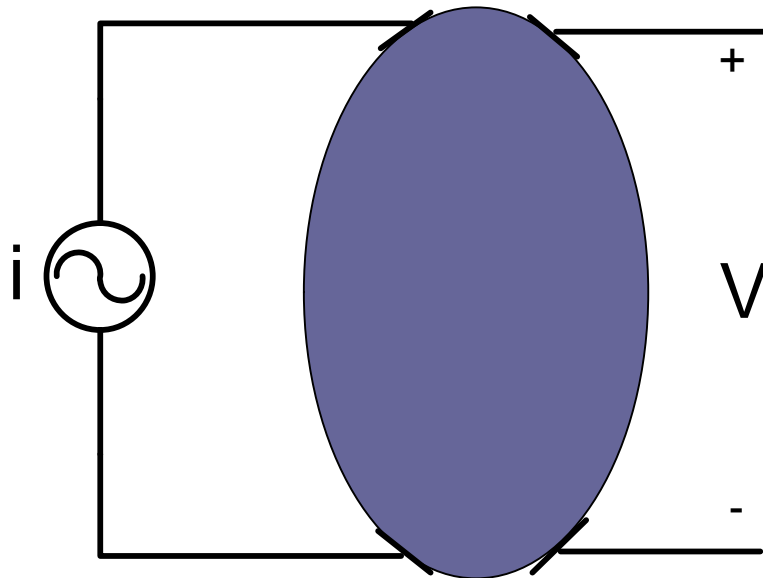
**Molt sensible, poc específica**

**Baix cost**

- **Impedància elèctrica dels material biològics**
- **Instrumentació per a l'adquisició de mesures**
- **Aplicacions biomèdiques**
- **Conclusions**
- **Referències**

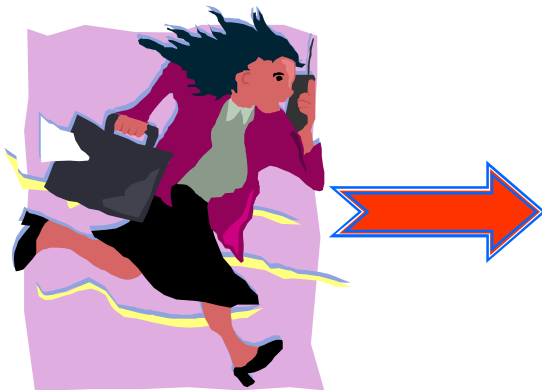
- Impedància elèctrica

Oposició que ofereix un material al flux de càrregues elèctriques



$$Z = \frac{V}{i}$$

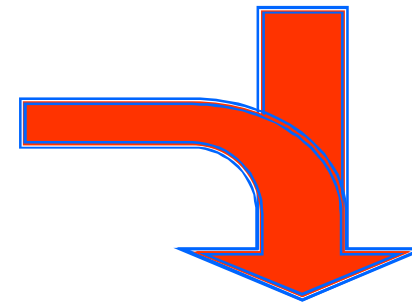
- Impedància elèctrica. De què depèn?



- Quanta gent vol passar?
- Quina mida tenen?

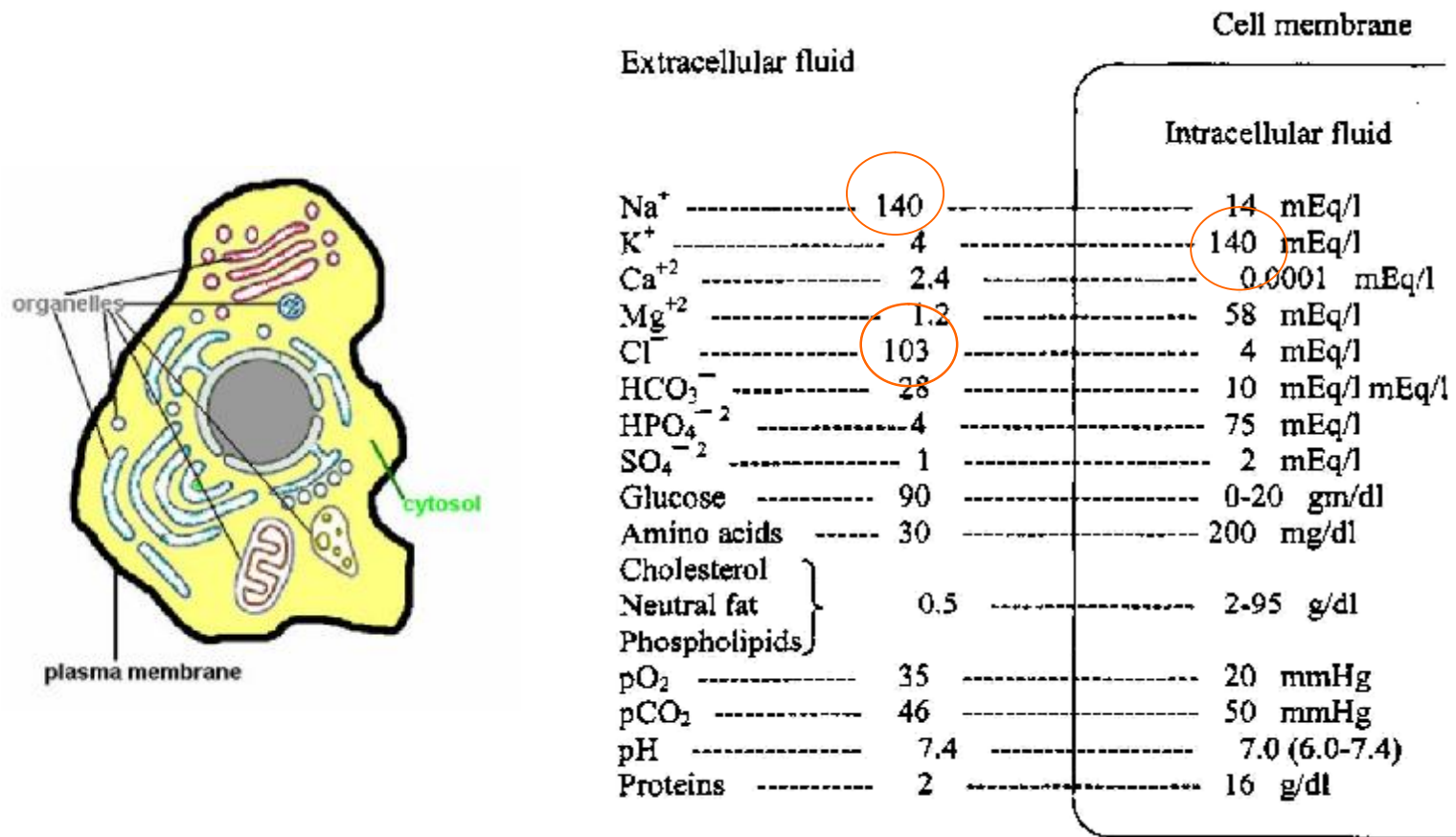


- Qui troben?
- Com hi interaccionen?

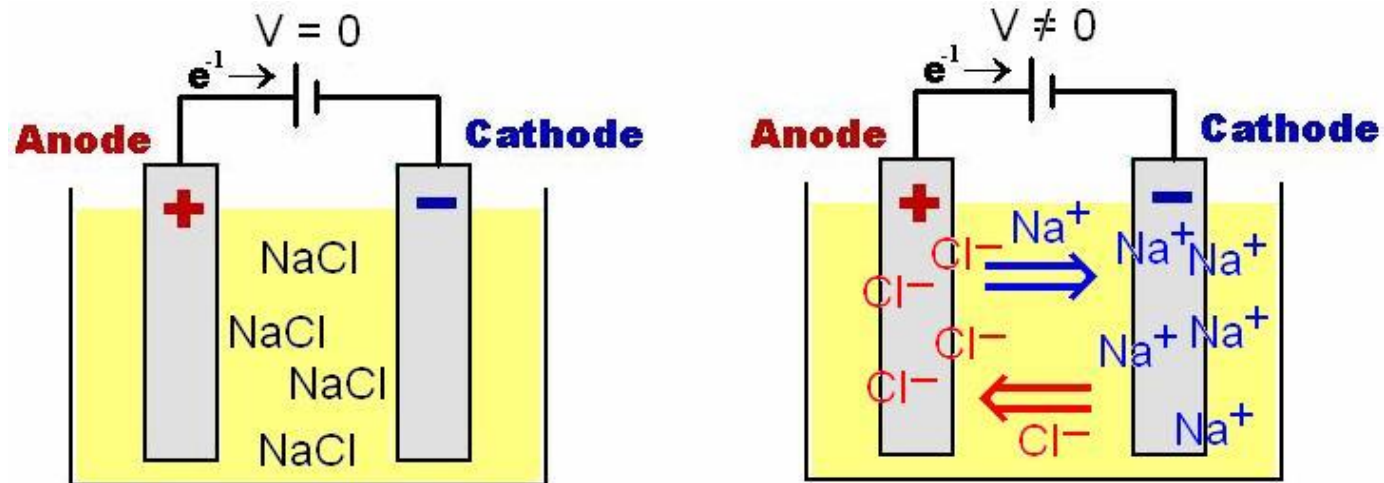


- Composició
- Estructura

- **Conducció iònica en els materials biològics**



- **Conducció iònica en els materials biològics**

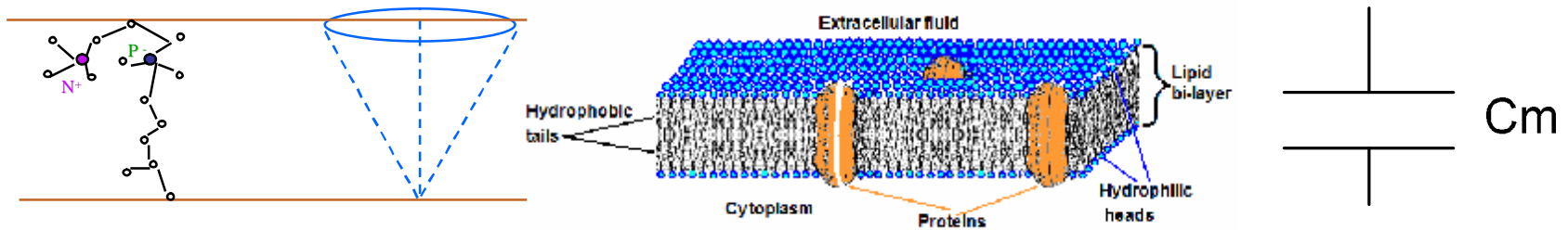


Comportament resistiu



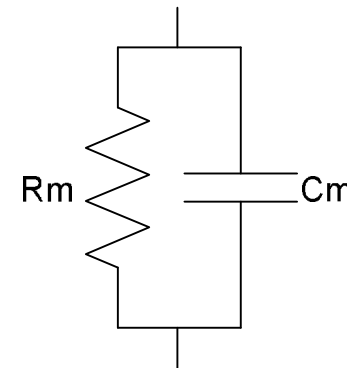
- **Caràcter aïllant de la membrana cel·lular**

- **Doble capa lipídica**
- **Canals iònics**



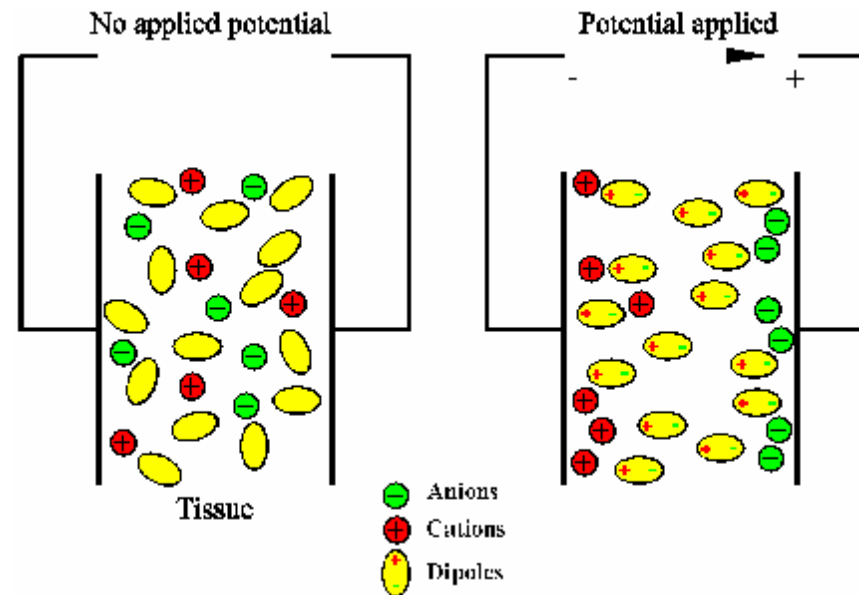
- **Comportament essencialment capacitiu**

$$c_m = 1 \frac{\text{mF}}{\text{cm}^2}$$

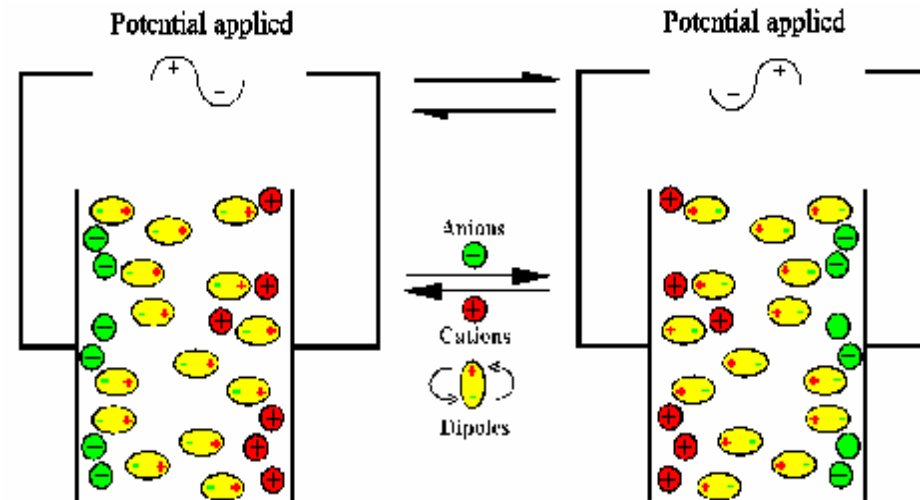




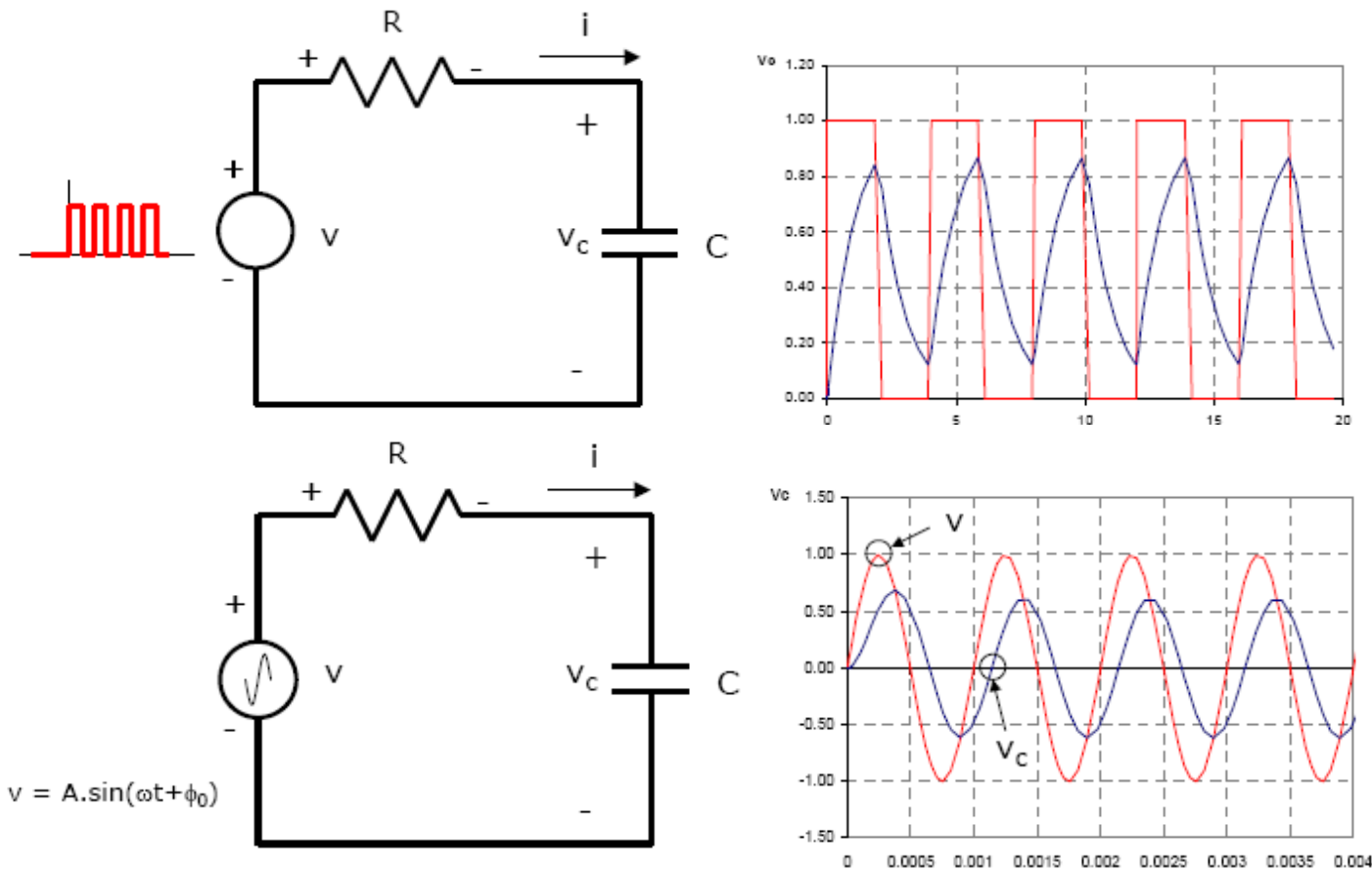
- **Comportament capacitiu**
  - **Conducció per corrents de desplaçament**
  - **Dependència amb la freqüència**



- **Comportament capacitiu**
  - **Conducció per corrents de desplaçament**
  - **Dependència amb la freqüència**



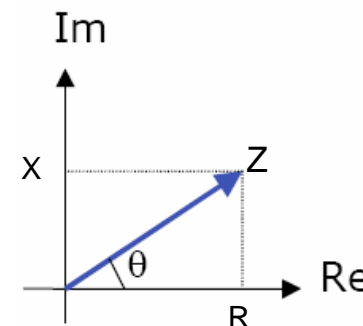
- Impedància complexa. Comportaments resistiu i reactiu



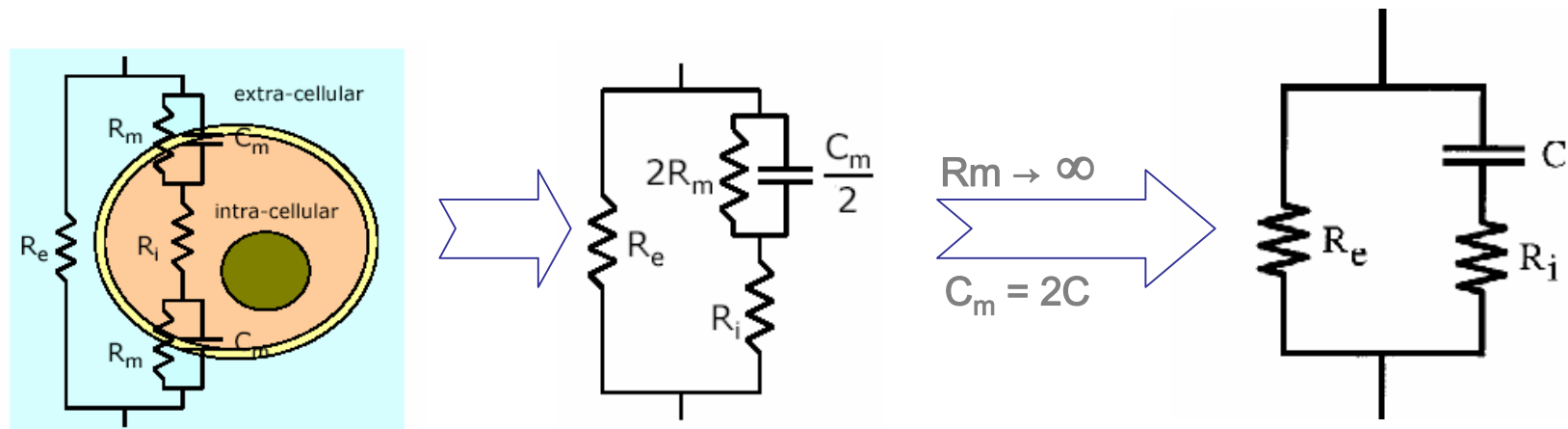
- Impedància complexa. Comportaments resistiu i reactiu

Impedància	Admitància
$Z(\omega)$	$Y(\omega) = 1/Z(\omega)$
$R(\omega) + jX(\omega)$	$G(\omega) + jB(\omega)$
$ Z(\omega)  \angle \phi(\omega)$	$ Y(\omega)  \angle \theta(\omega)$

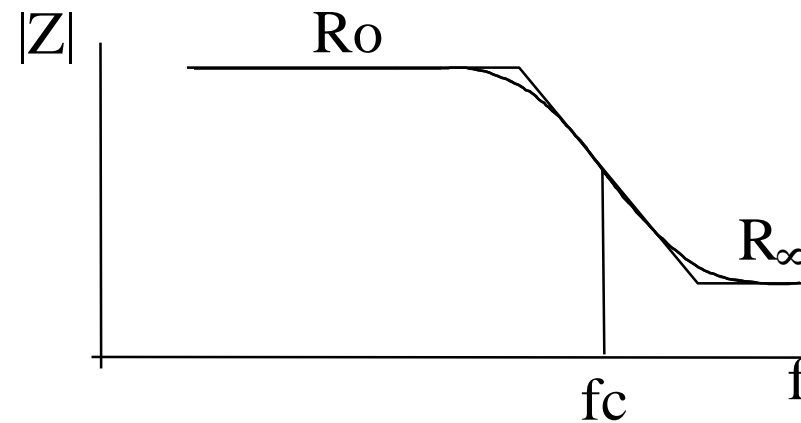
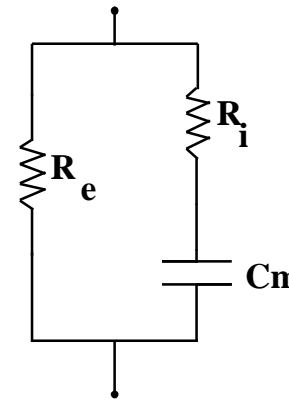
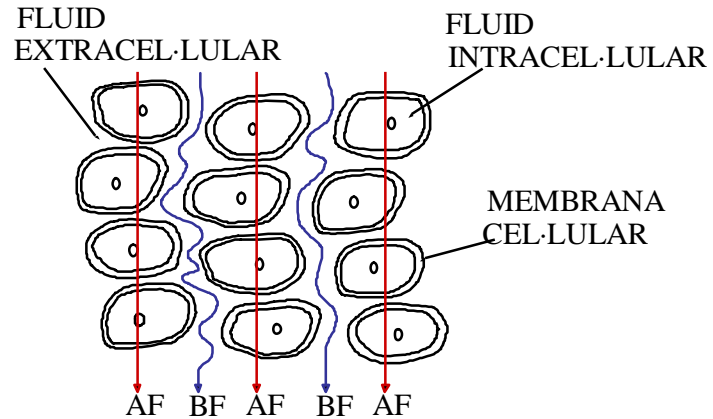
- Mòdul (amplitud)
- Fase (retard)



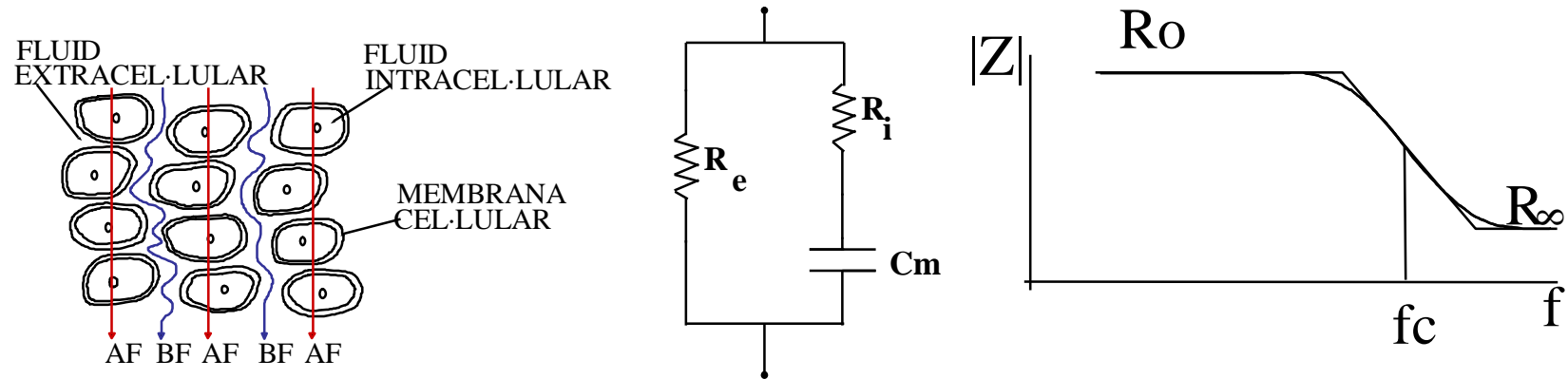
- Impedància dels teixits biològics



## • Impedància dels teixits biològics

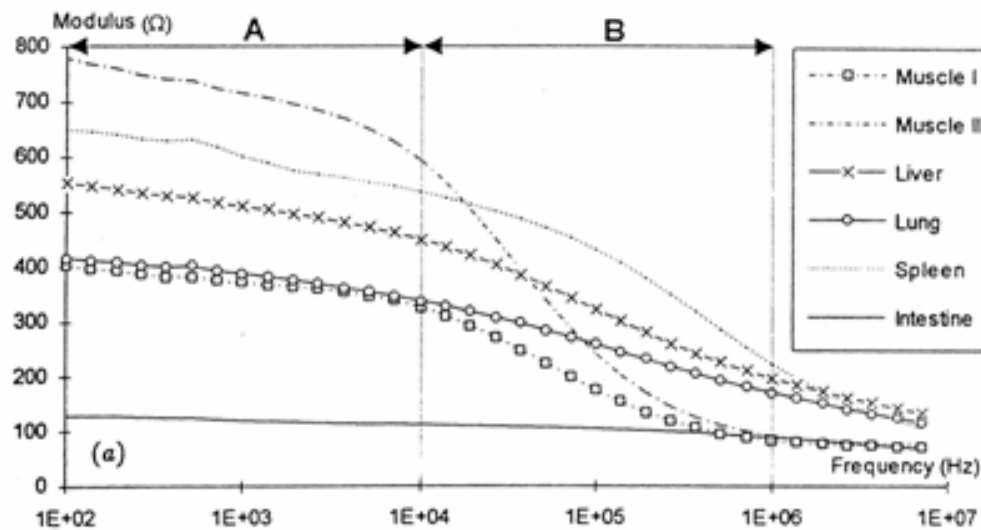
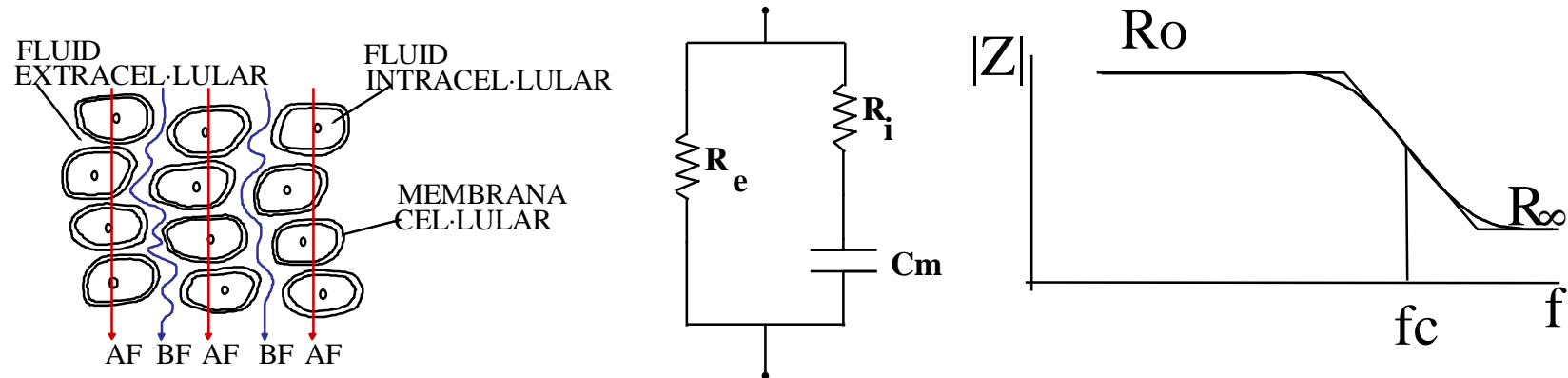


## • Impedància dels teixits biològics



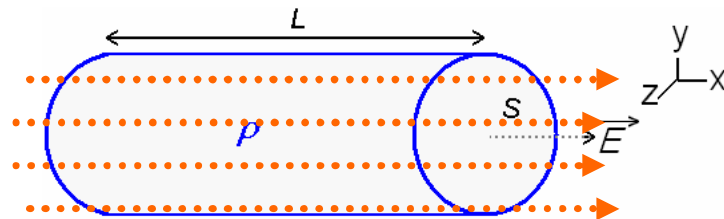
- $R_0$ : Volum extracel·lular
- $R_0/R_\infty$ : Densitat de cèl·lules
- $f_c$ : Mida de les cèl·lules
- Pendent: Homogeneïtat de mides i formes

## • Impedància dels teixits biològics





- Impedància dels teixits biològics
  - Factors geomètrics



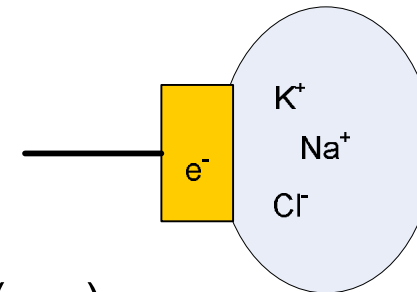
$$Z = \rho^* \frac{L}{S} = \frac{1}{s+j\omega\epsilon} \frac{L}{S}$$

- Podrem detectar doncs canvis macroscòpics en:
  - Dimensions (canvis interns de volum)
  - Composició (mida, densitat, homogeneïtat de les cèl·lules)
  - Fluids (acumulació, desplaçament)

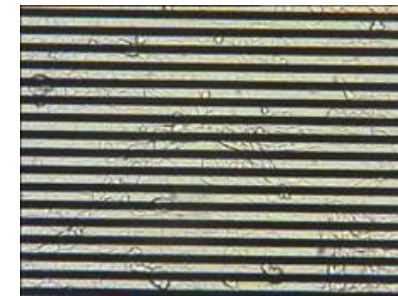
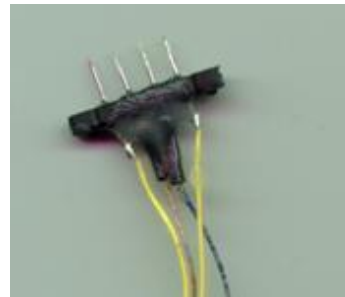
- Impedància elèctrica dels material biològics
- **Instrumentació per a l'adquisició de mesures**
- Aplicacions biomèdiques
- Conclusions
- Referències

- **Elèctrodes:** Interfície entre el sistema de mesura i el material biològic

- Conducció en els circuits electrònics de mesura: electrons
- Conducció en el material biològic: ions

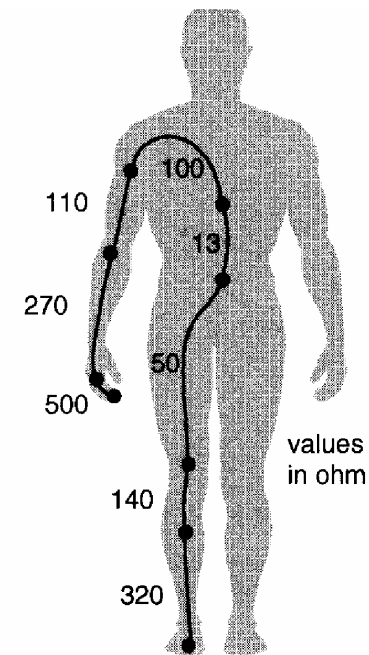
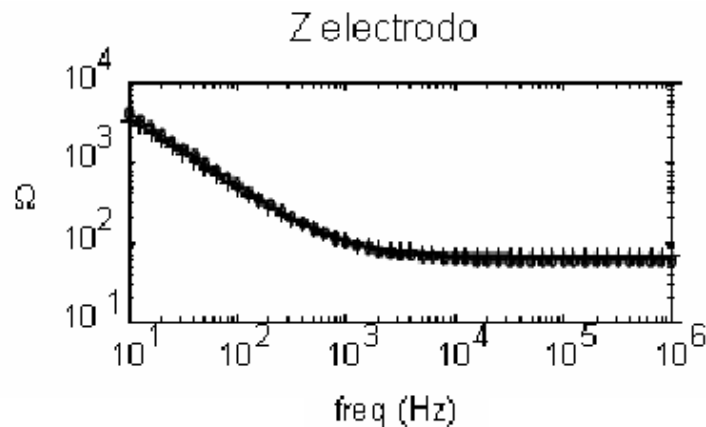


- Acoblament mitjançant elèctrodes Ag-AgCl (cos)
- Acoblament capacitiu metall-teixit (mostres)



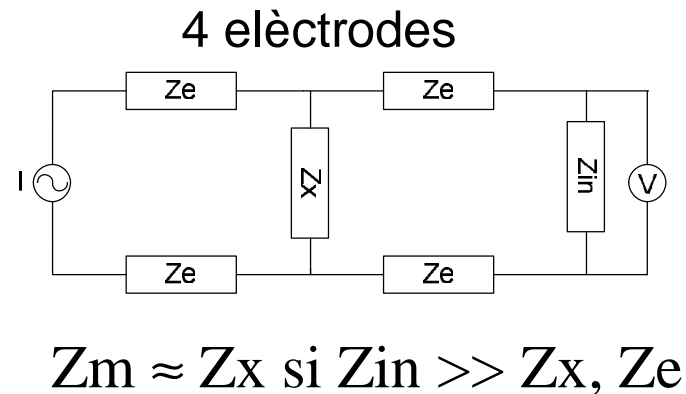
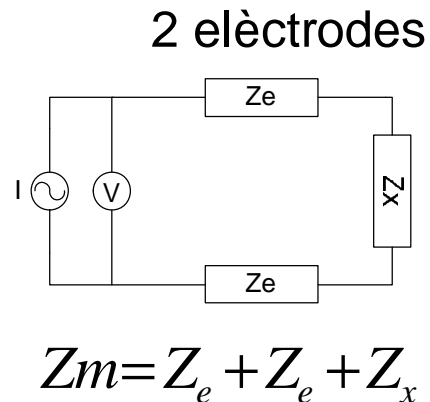
## • Elèctrodes

- Impedància de l'electrode  $Z_e \gg Z_{mesura}$ 
  - Ag-AgCl: 200-300  $\Omega$
  - Agulles: 10-50  $\Omega$
- Dispersió entre elèctrodes  $DZ_e > 20\%$
- Derives de  $Z_e$  (T,t,...)

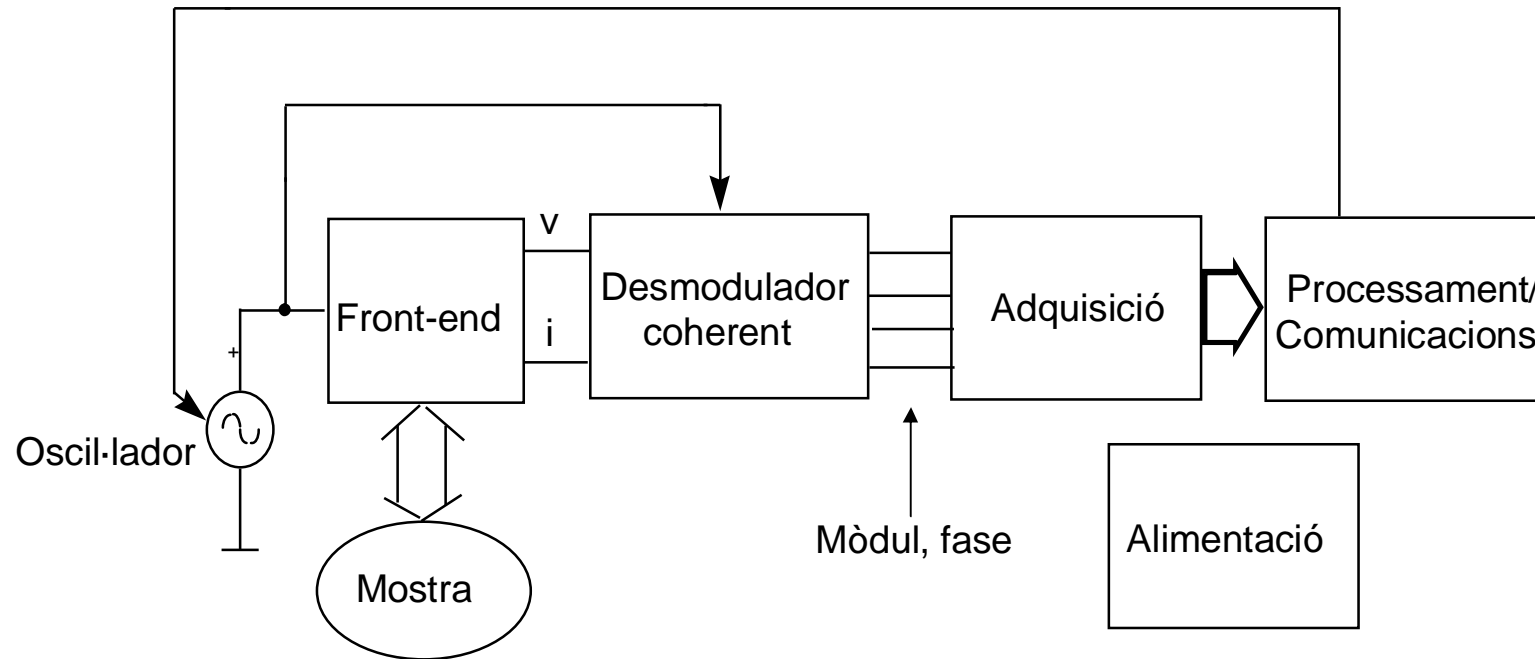


- **Elèctrodes**

- Impedància de l'electrode  $Z_e$  molt alta a baixa freqüència
  - Necessitat de mesurar en alterna a alguns kHz
- Impedància de l'electrode  $Z_e$  elevada i dispersa
  - Necessitat de mesurar a 4 elèctrodes

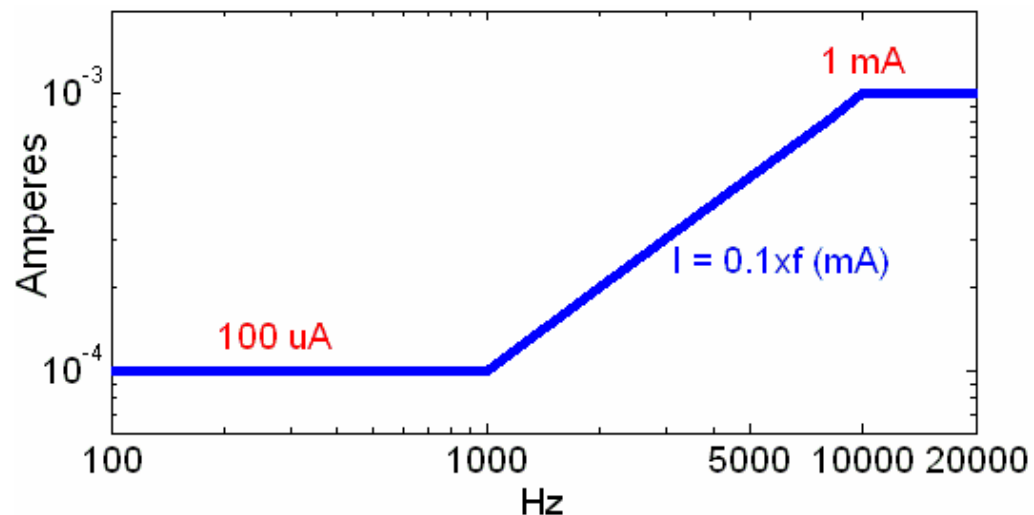


- Estructura del sistema de mesura



- **Consideracions de seguretat elèctrica**

- Equipament biomèdic classe II, tipus B: IEC60-601
  - Corrent auxiliar de pacient: Max 1 mA rms @ 10 KHz, no DC
  - Espacial atenció al disseny de l'alimentació i de la etapa frontal



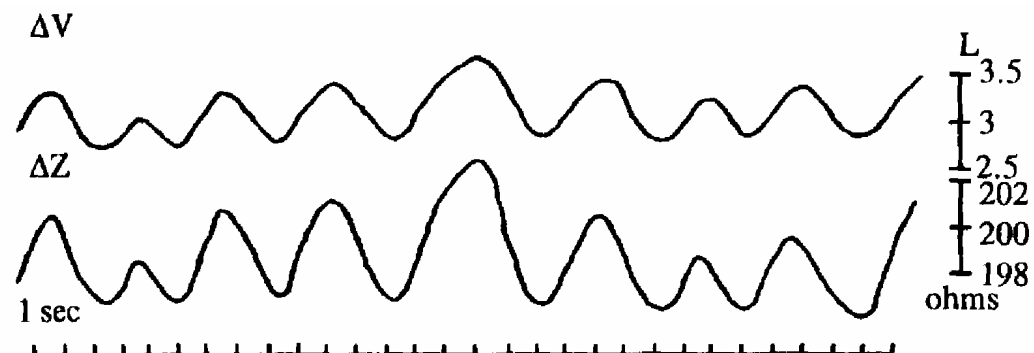
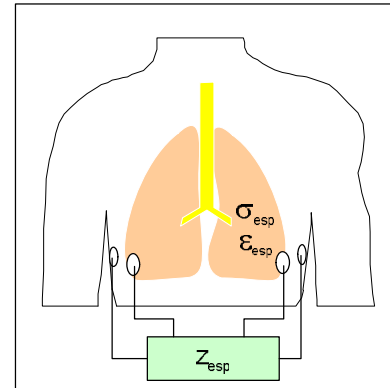
- Impedància elèctrica dels material biològics
- Instrumentació per a l'adquisició de mesures
- **Aplicacions biomèdiques**
- Conclusions
- Referències



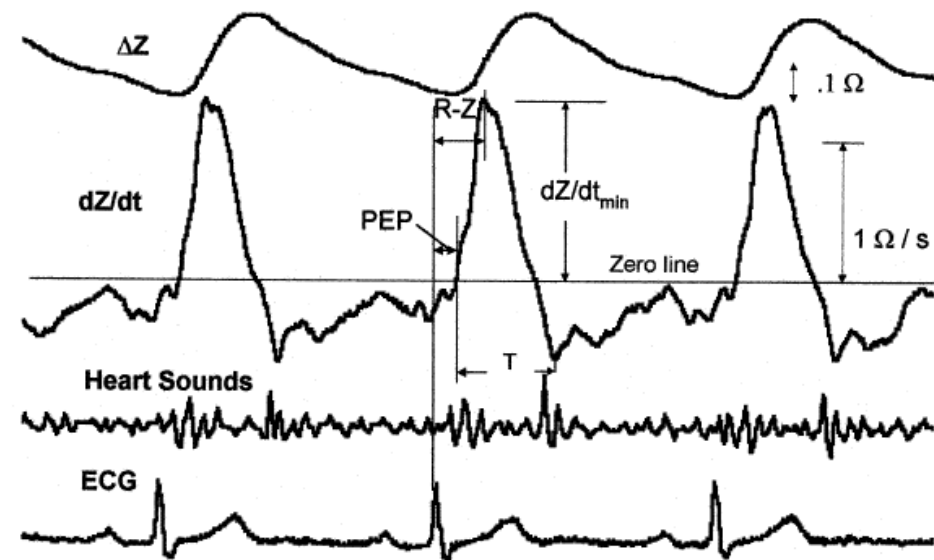
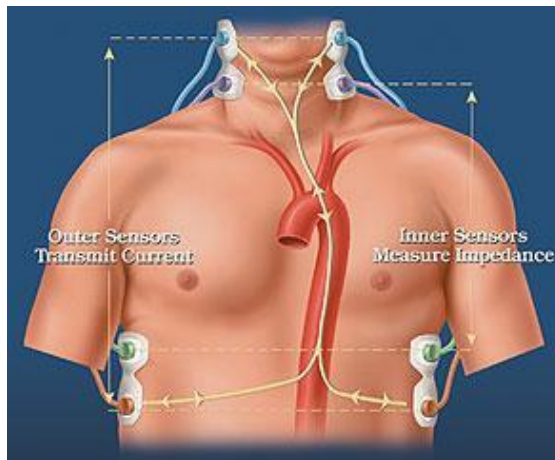
- Aplicacions basades en canvis de volum
- Aplicacions basades en composició corporal
- Aplicacions de caracterització de teixits
- Aplicacions de caracterització de cultius
- Tomografia d'impedància elèctrica

- Aplicacions basades en canvis de volum
  - Pneumografia d'impedància elèctrica (1941, Nyboer)

- Estimació de ventilació
- Detecció d'apnea

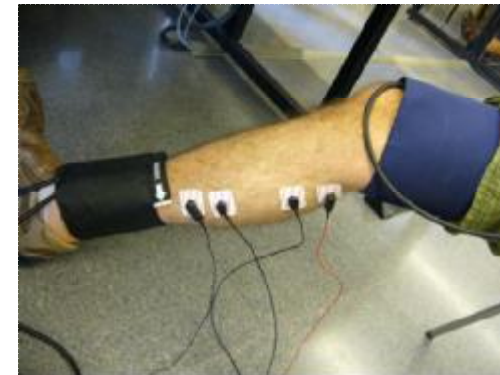
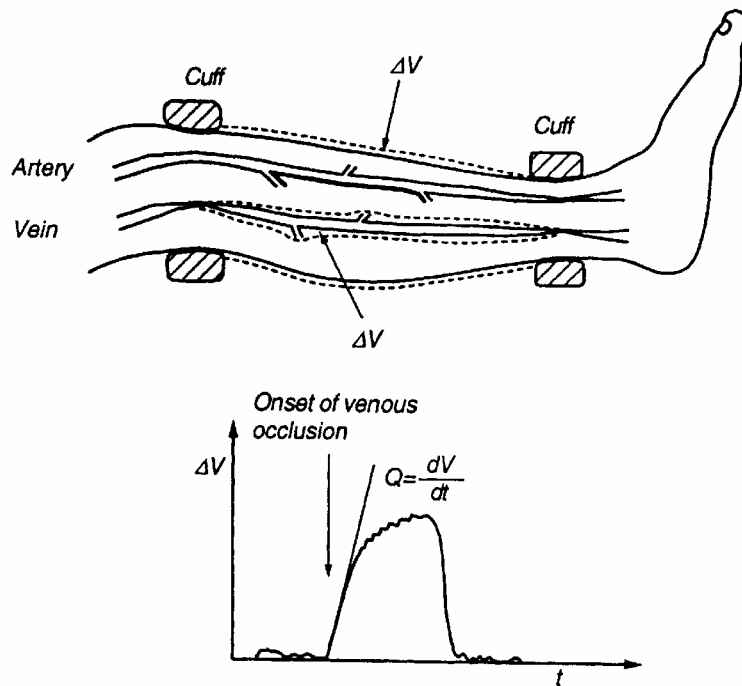


- Aplicacions basades en canvis de volum
  - Cardiografia d'impedància elèctrica (1966, Kubicec-Patterson). Determinació del cabal cardíac



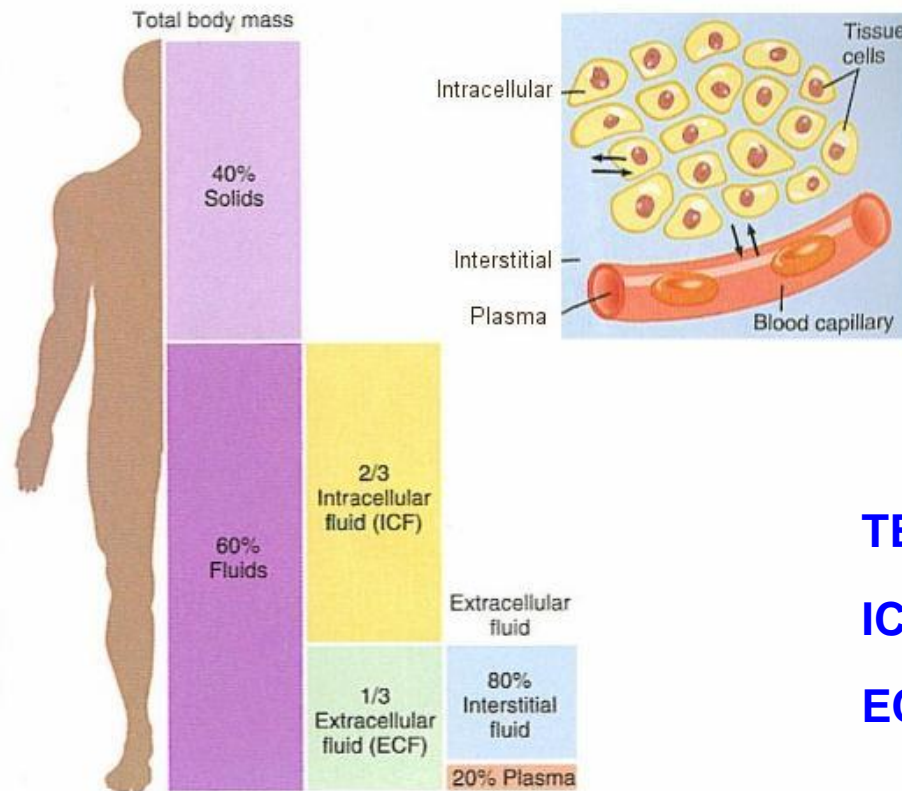
$$\Delta V = \rho \left( L^2 / Z_0^2 \right) T dZ_{\min} / dt$$

- Aplicacions basades en canvis de volum
  - Pletismografia d'impedància elèctrica



$$\Delta V = \frac{-r_b L^2 \Delta Z}{Z^2}$$

- Aplicacions basades en la composició corporal
  - BIA (Bio Impedance Analysis)

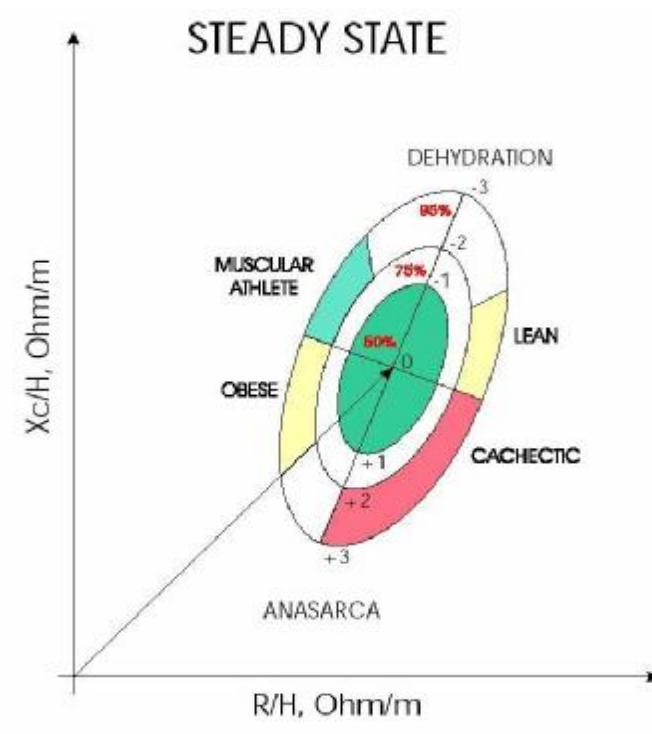
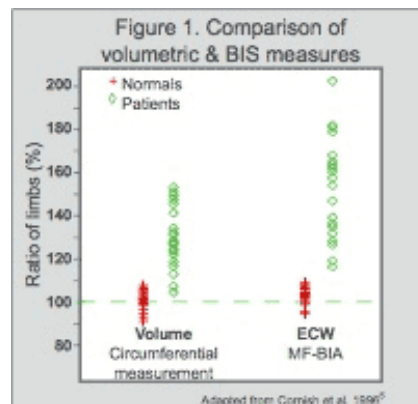


**TBW** Total Body Water

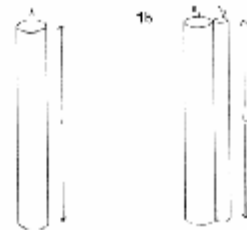
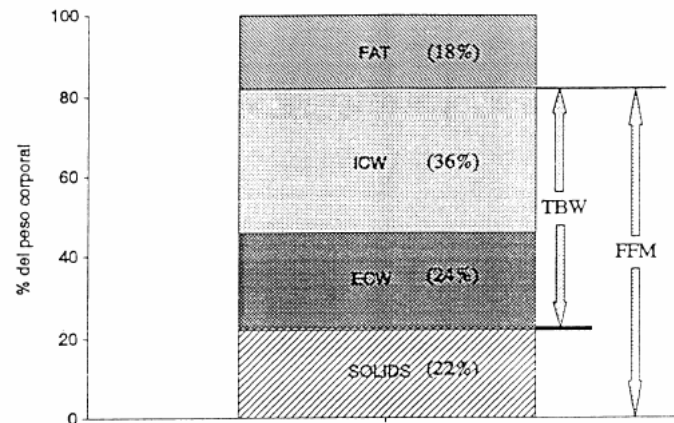
**ICW** Intracellular Water

**ECW** Extracellular Water

- Aplicacions basades en composició corporal
  - BIA (Bio Impedance Analysis)

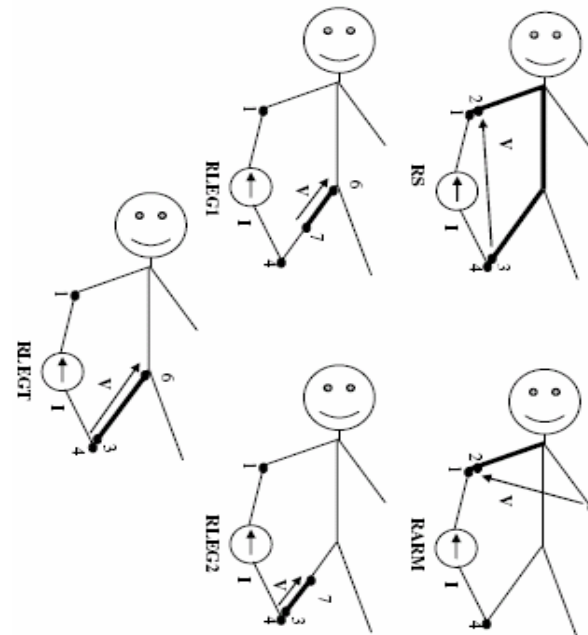
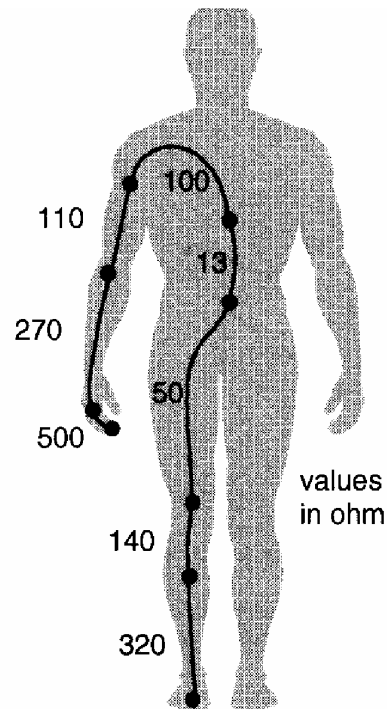


- Aplicacions basades en composició corporal
  - BIA aplicat a la estimació de l'índex de massa corporal



$$FFM = \frac{H^2}{R_{50}}$$

- Aplicacions basades en composició corporal
  - BIA aplicat a la estimació de l'índex de massa corporal (BMI). Mesures segmentals





- Aplicacions basades en composició corporal
  - BIA aplicat a hemodiàlisi

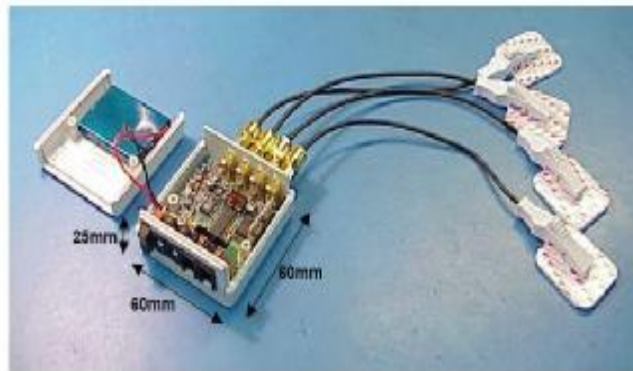
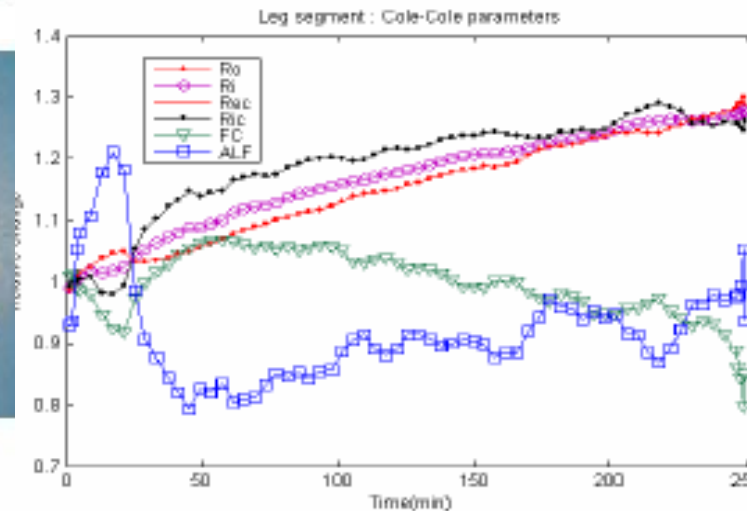
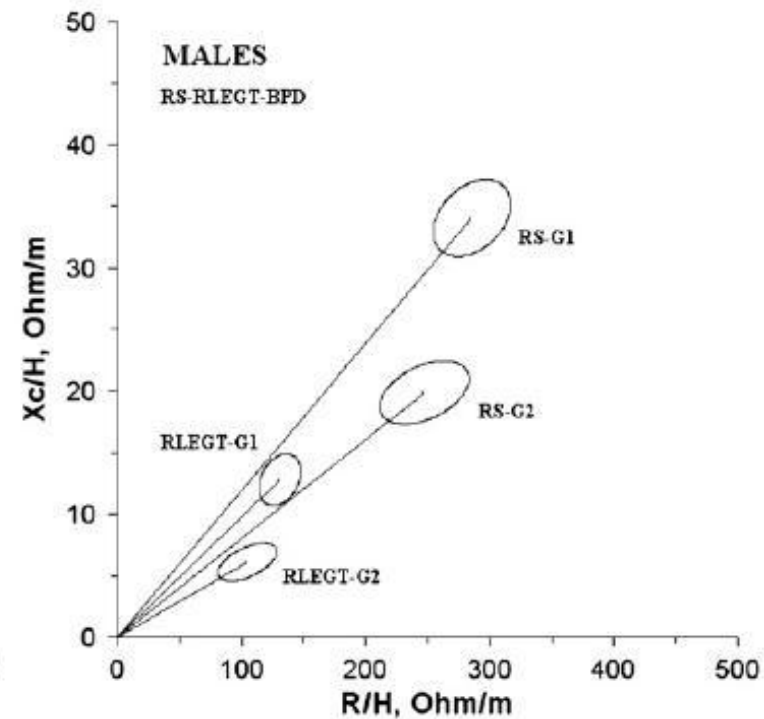
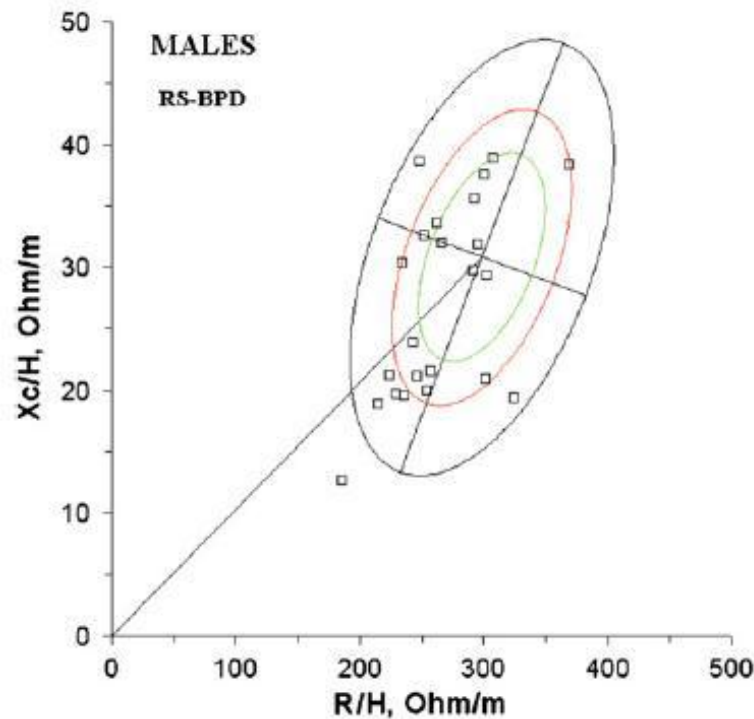


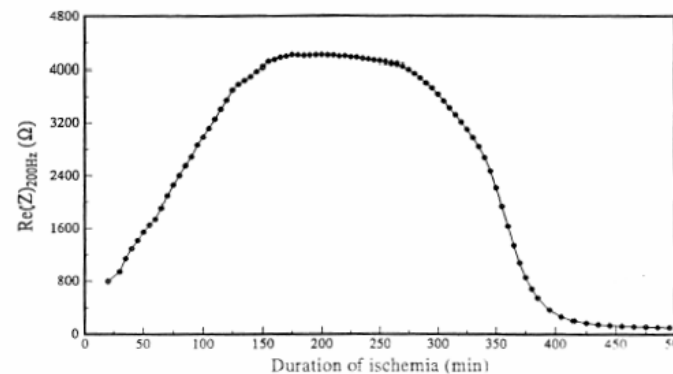
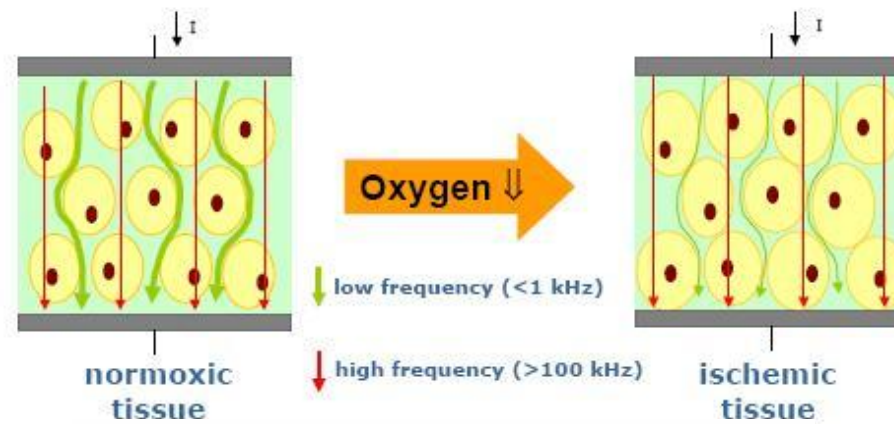
FIGURE 3-3. Electrical Local Impedance Spectroscopy Analyzer-ELISA.



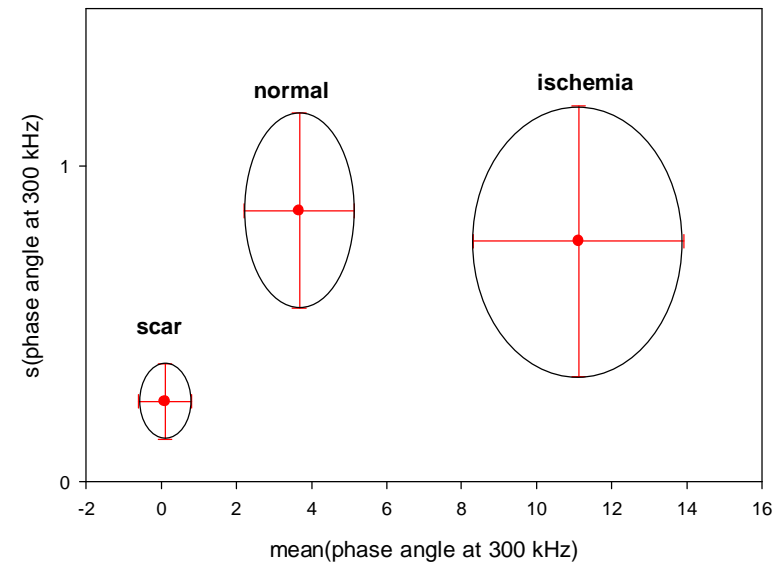
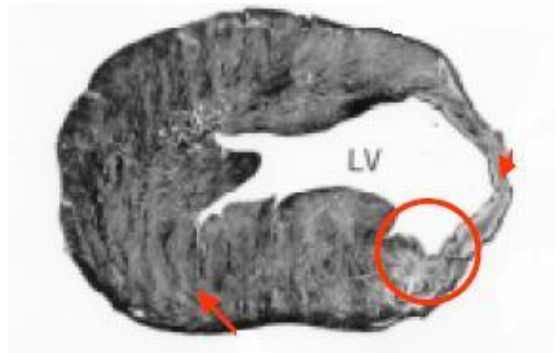
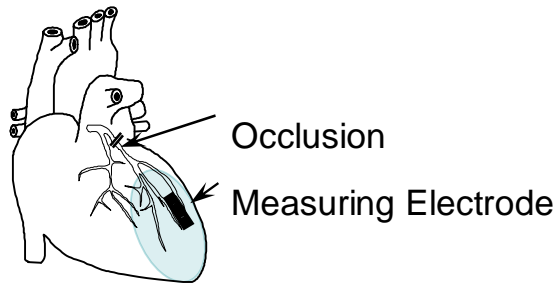
- Aplicacions basades en composició corporal
  - BIA aplicat a diàlisi peritoneal



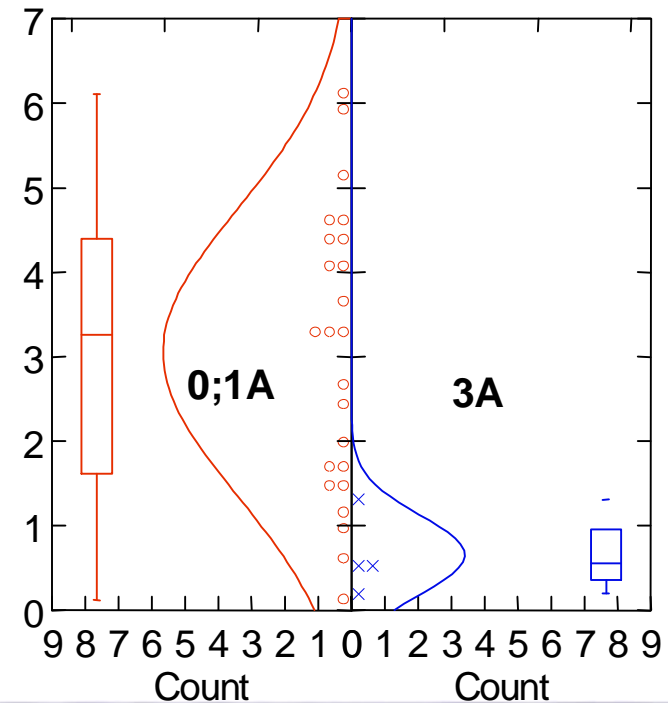
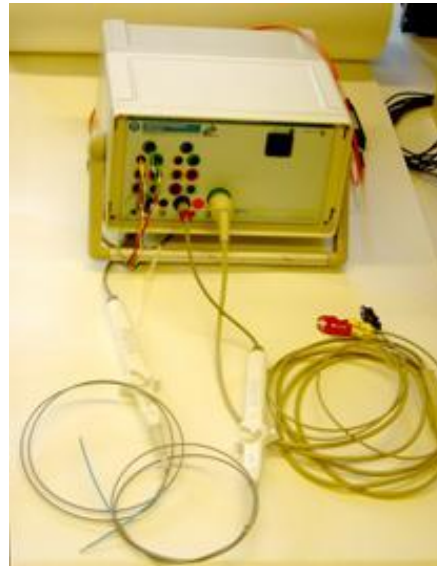
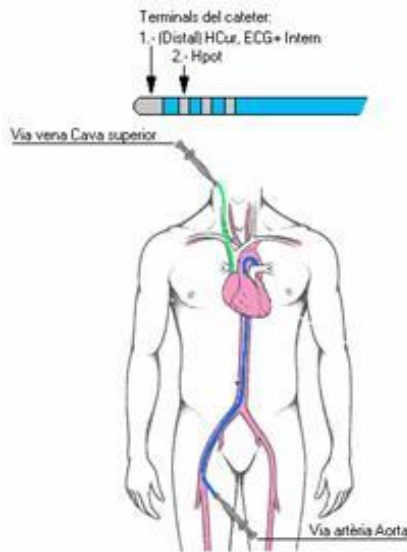
- Aplicacions de caracterització de teixits
  - Detecció d'isquèmia



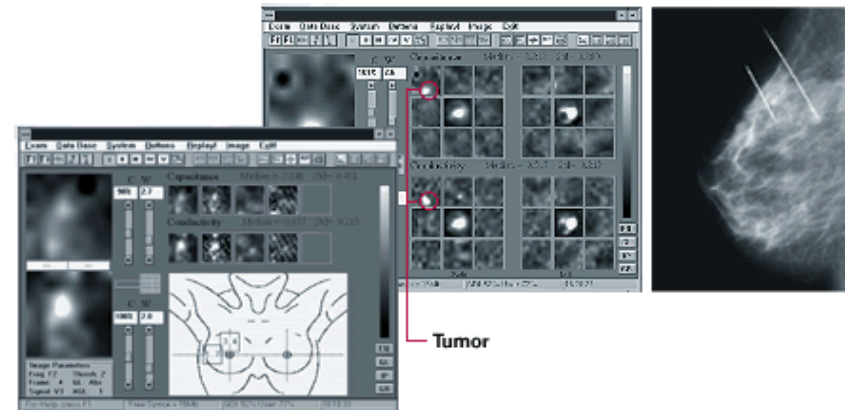
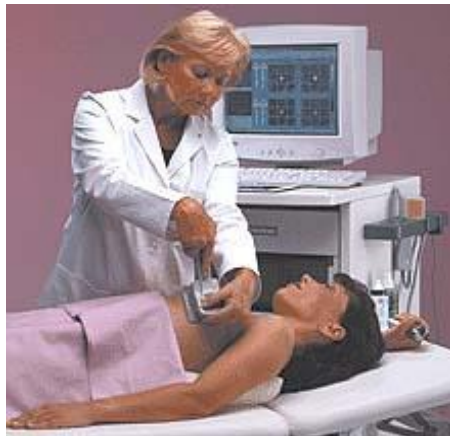
- Aplicacions de caracterització de teixits
  - Detecció d'isquèmia: miocardi infartat



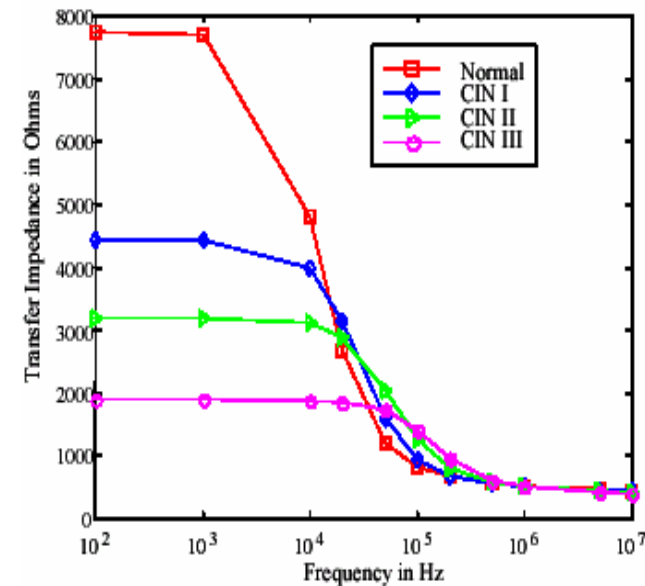
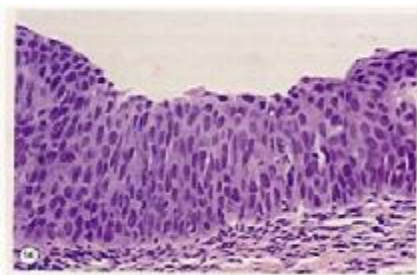
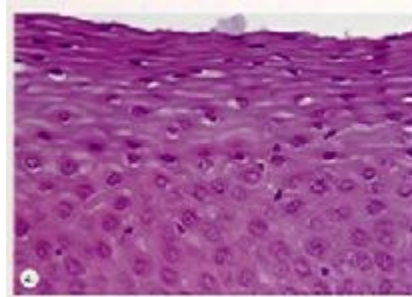
- Aplicacions de caracterització de teixits
  - Estat d'òrgans i detecció de rebuig en transplantaments



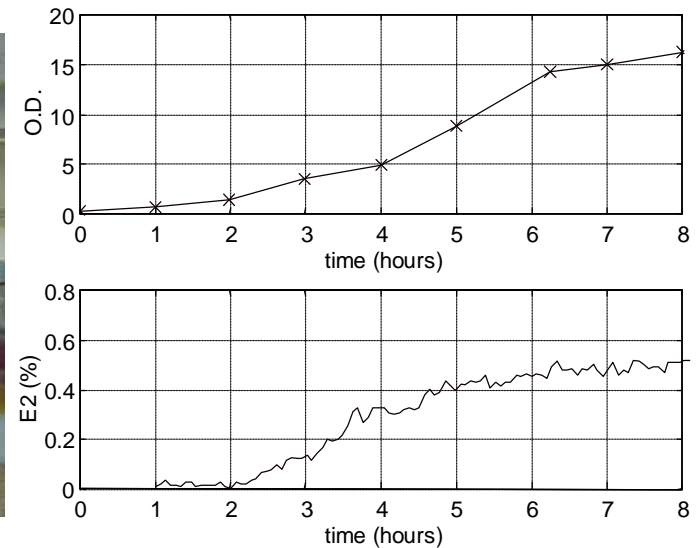
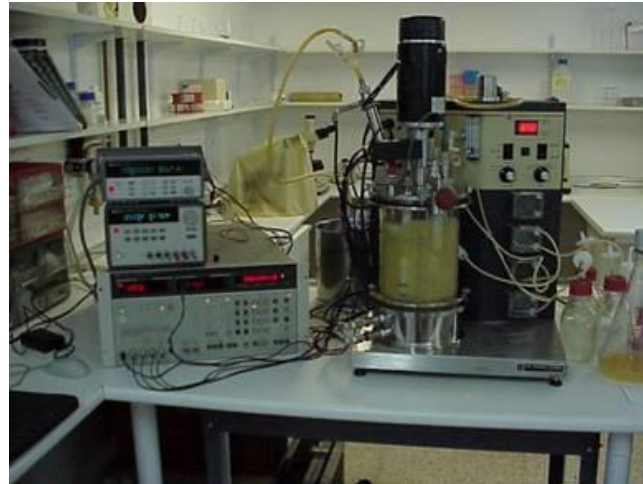
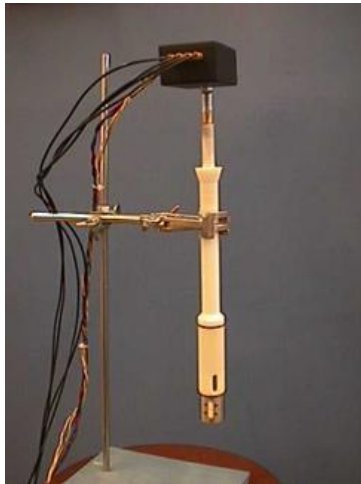
- Aplicacions de caracterització de teixits
  - Detecció de tumors. T-scan



- Aplicacions de caracterització de teixits
  - Detecció de tumors. Pell

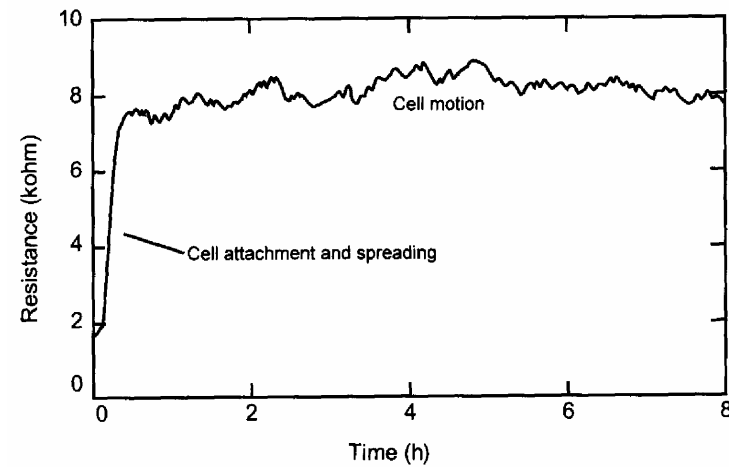
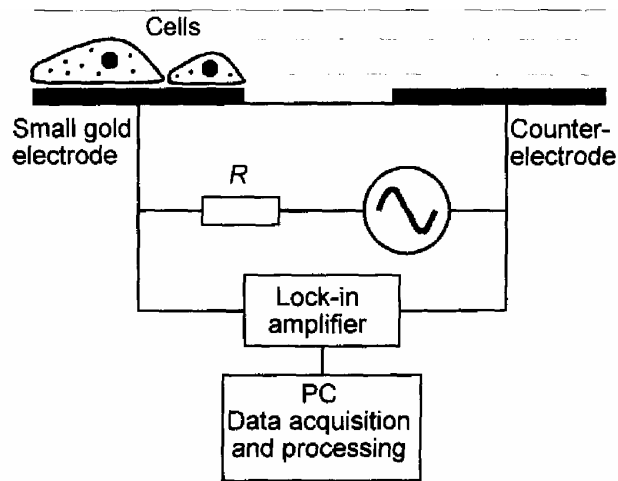


- Aplicacions de caracterització de cultius
  - Mesura de creixement de cultius en suspensió
  - Mesura d'hematòcrit

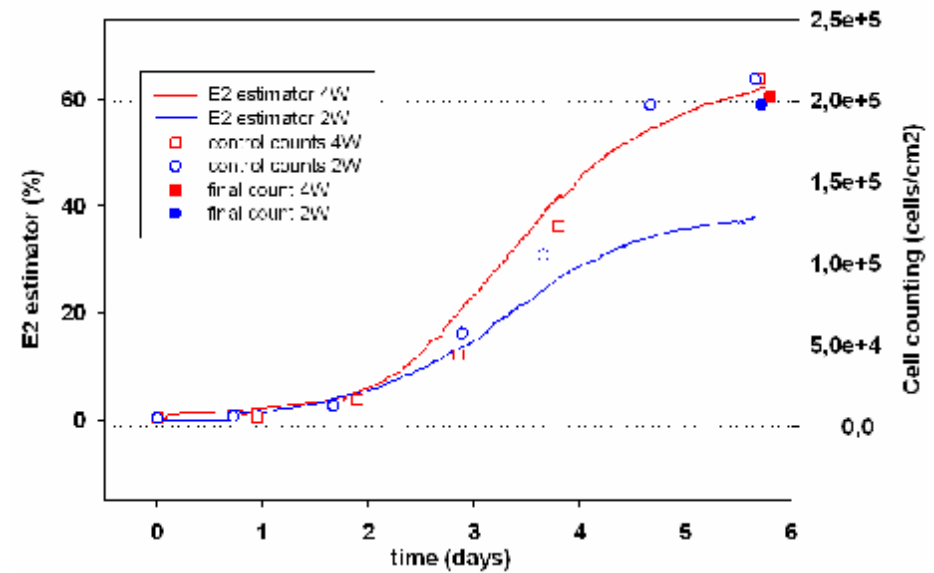
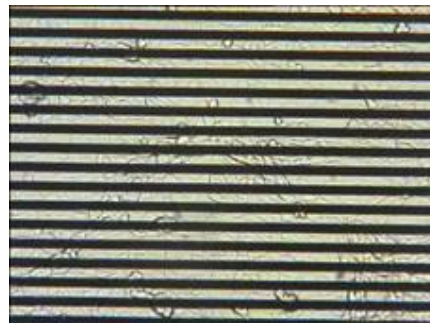
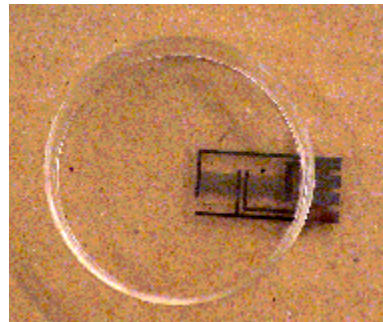




- Aplicacions de caracterització de cultius
  - Mesura de creixement de cultius en monocapa



- Aplicacions de caracterització de cultius
  - Mesura de creixement de cultius en monocapa



## •Tomografia d'impedància elèctrica

- Obtenció d'imatges relacionades amb la distribució de la impedància elèctrica a dins del cos

- No invasiu i innocu

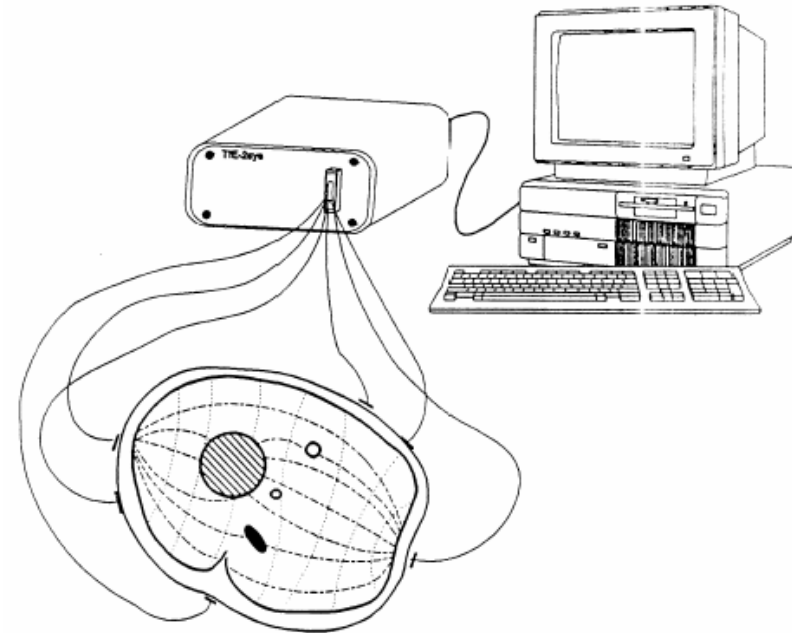
- Baix cost

- Volum petit

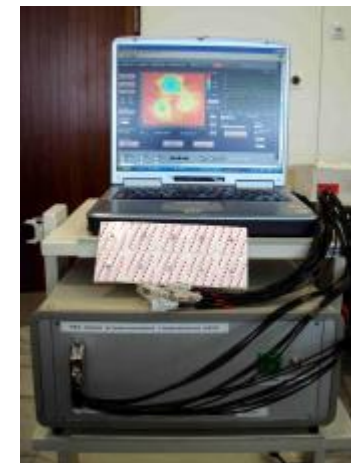
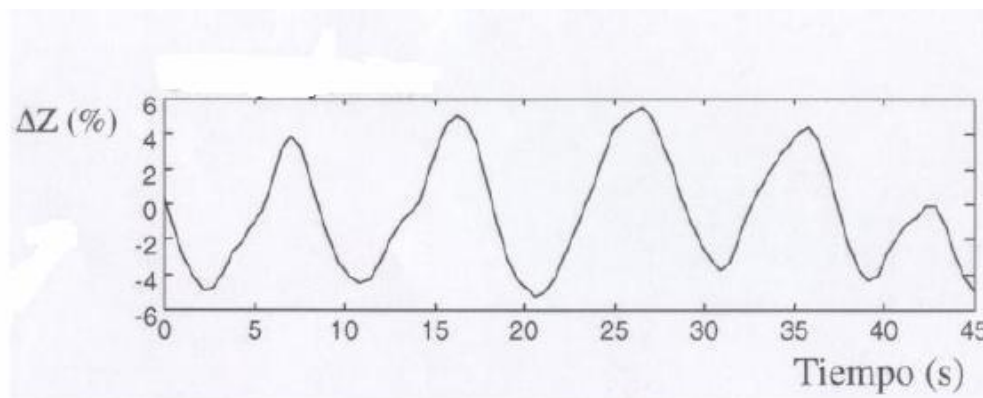
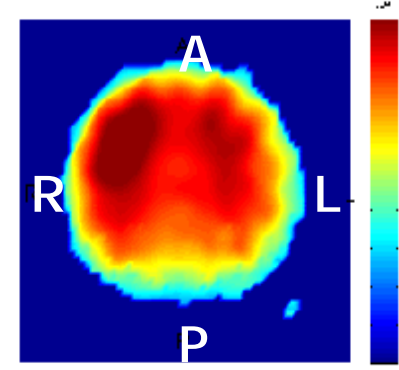
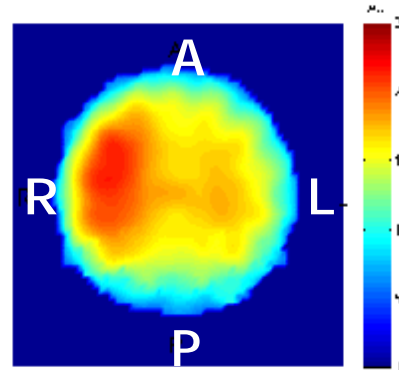
- Baixa resolució

- Tècnica complementària

- Quantificació d'informació en punts de l'interior del cos (espectroscopia focalitzada ,



## •Tomografia d'impedància elèctrica



- **La mesura d'impedància elèctrica pot proporcionar informació sobre la estructura i composició dels materials biològics**
- **Hi ha diverses tècniques diagnòstiques comercials basades en aquesta tècnica**
- **Potencialitat de noves tècniques diagnòstiques**
- **Sistema no invasiu, de baix cost, elevada sensibilitat però baixa especificitat**

- **“Bioimpedance and Bioelectricity Basics”**  
**Sverre Grimnes & Orjan Martinsen**  
**Academic Press, 2008.**
- **Critical Reviews in Biomedical Engineering, Vol 24.**  
**“Bioelectrical Impedance Techniques in Medicine”**  
**John R. Bourne, Ed. Begell House Inc. 1996**
- **Bioimpedance Monitoring for physicians: an overview**  
**Antoni Ivorra, 2002**

