

# Szenzormodalitások

Jegyzet

# Tartalomjegyzék

<b>1</b>	<b>Téma 1</b>	<b>5</b>
1.1	Szenzor/érzékelő . . . . .	5
1.2	Adat-Információ-Ismeret-Tudás piramis . . . . .	5
1.3	Data Acquisition - DAQ rendszerek . . . . .	6
1.4	Járulékos hardver eszközök . . . . .	6
1.5	Rendszerirányító rendszerek . . . . .	6
1.5.1	Distributed Control System - DCS . . . . .	7
1.5.2	Supervisory Control and Data Acquisition - SCADA . . . . .	7
1.5.3	SCADA rendszer generációk . . . . .	8
1.5.4	SCADA rendszer általános belső architektúrája . . . . .	8
1.5.5	A SCADA rendszerek főbb funkciói . . . . .	9
1.6	Példák a távoli adatgyűjtésre . . . . .	9
1.6.1	Távoló adatgyűjtő rendszerek általános működése . . . . .	10
1.7	Általános páciens monitorozó DAQ architektúra . . . . .	10
1.8	Élettani paraméterek monitorozása extrém körülmények között . . . . .	11
1.9	Üzemeltetési és távfelügyeleti rendszer . . . . .	12
<b>2</b>	<b>Téma 2</b>	<b>13</b>
2.1	Szenzorjelek feldolgozása . . . . .	13
2.2	Élettani paraméterek (típusok) . . . . .	14
2.2.1	Organizmus mérhető paraméterei . . . . .	14
2.3	Szenzoradat kezelés . . . . .	14
2.4	Mért élettani paraméterek . . . . .	14
2.5	Mérési hibák . . . . .	15
2.6	Távolí szenzor adat . . . . .	15
2.7	Egyetlen vs. több szenzoros mérések . . . . .	15
2.8	Mérnöki kihívások a nagymennyiségű adatgyűjtésnél . . . . .	16
2.9	Biológiai jellemzők és mérések . . . . .	16
2.10	Vérnyomás . . . . .	17
2.11	Vérnyomásmérés . . . . .	17
2.12	Humán keringési rendszer . . . . .	18
2.13	Szívverés - szisztolé és diasztolé . . . . .	18
2.14	Vérnyomásértékek . . . . .	19
2.15	A szív működés jellemző jelei . . . . .	19
2.16	Nagyvérköri nyomásértékek . . . . .	20
2.17	A keringési rendszer egyszerűsített modellje . . . . .	20

2.18	Mérések pontossága . . . . .	21
2.19	Mérési megoldások/elvek (nem invazív) . . . . .	22
2.20	Oszcillometriás vérnyomásmérő elvi felépítése . . . . .	23
2.20.1	A nyomásmérő rész blokkvázlata (oszcillometriás) . . . . .	23
2.20.2	A nyomásmérő rész aluláteresztős erősítőjének megvalósítása . . . . .	23
2.21	Mérési megoldások/elvek (nem invazív) . . . . .	24
2.22	Vérnyomásmérők a gyakorlatban . . . . .	24
2.22.1	ABPM - vérnyomás Holter . . . . .	25
2.22.2	Vérnyomásmérést befolyásoló tényezők . . . . .	25
2.22.3	Invazív vérnyomásmérés . . . . .	26
2.22.4	Vér összetevők mérése . . . . .	26
2.22.5	Vércukor . . . . .	26
2.23	Inzulin problémák . . . . .	27
2.24	Cukorbetegség . . . . .	28
2.25	Vércukorszint . . . . .	29
2.26	Vércukormérés gyakorisága . . . . .	29
2.27	Vércukormérés . . . . .	29
2.28	Hátrányok . . . . .	30
2.29	CGM - Folyamatos vércukormonitorozás napjainkban . . . . .	30
2.30	Inzulin . . . . .	30
2.30.1	Inzulin beadása . . . . .	30
2.30.2	Inzulin adagolók napjainkban . . . . .	31
2.30.3	Auto-injector megoldás belső részei . . . . .	31
2.30.4	CGM + inzulinpumpa . . . . .	31
2.30.5	Koleszterin (LDL/HDL), laktát, hemoglobin, triglicerid mérés . . . . .	32
2.31	Gyógyszerszedés . . . . .	32
2.32	Evolúció . . . . .	33
2.33	Defibrillátorok és pacemaker-ek . . . . .	33
2.34	Az emberi légzés monitorozása . . . . .	33
2.34.1	Pulzoximetria . . . . .	34
2.34.2	Külső légzést monitorozó eszközök . . . . .	34
2.35	Mozgásmonitorozás vs. mozdulatmonitorozás . . . . .	35
2.36	Mozdulat és mozgásmonitorozó rendszerek . . . . .	35
2.37	Személyi mozgásmennyiség mérő . . . . .	36
2.38	Mozgásmennyiség figyelés (életviteli minták) . . . . .	36
2.39	Mozdulat monitorozás . . . . .	36

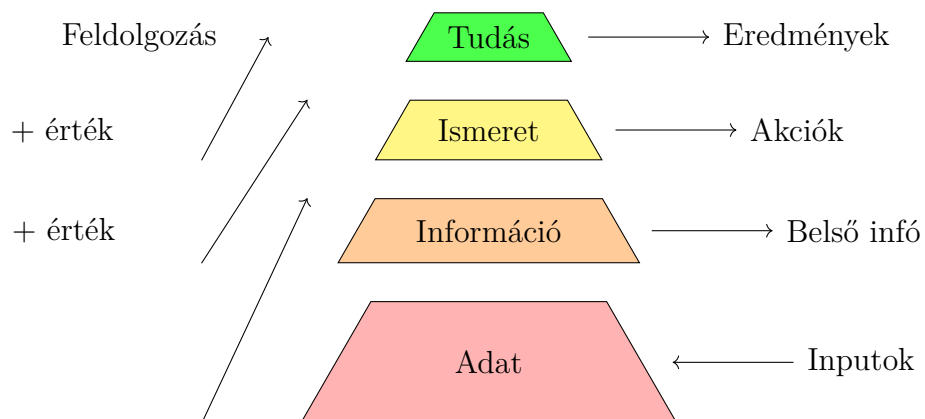
2.40	A monitorozás eredményeinek felhasználási területei . . . . .	37
2.41	Megoldási alternatívák . . . . .	37
2.42	Mozgásmonitorozás - célhardverek . . . . .	37
2.43	Eszközök . . . . .	38
2.44	Mozdulatkövetés a gyakorlatban (hardver és eszköz) . . . . .	38
2.45	Szoftver képességek . . . . .	38
<b>3</b>	<b>Téma 4</b>	<b>39</b>
3.1	Elektromos jelek gyűjtése a testből/ről . . . . .	39
3.2	Elektrokardiográf (EKG) . . . . .	39
3.3	EKG . . . . .	40
3.4	EKG bemenet funkcionális felépítése . . . . .	40
3.5	EKG görbe . . . . .	41
3.6	EKG mérés régen és ma . . . . .	42
3.7	12 elvezetéses EKG – kórházi használat . . . . .	43
3.8	Mobil EKG rendszerek a gyakorlatban . . . . .	44
3.9	EKG monitorok . . . . .	44
3.10	Mobil - viselhető EKG monitorok . . . . .	44
3.11	Szívritmusszabályzók, pacemakerek . . . . .	45
3.12	Kinek van szüksége pacemakerre? . . . . .	45
3.13	Hogyan működik a pacemaker? . . . . .	46
3.14	Pacemakertípusok . . . . .	46
3.15	Egyelektródás pacemaker . . . . .	46
3.16	Pitvar-kamrai pacemaker . . . . .	46
3.17	Biventricularis pacemaker . . . . .	47
3.18	A beültetésről . . . . .	47
3.19	A szív elektrofiziológiás vizsgálata diagnosztikai katéterrel . .	47

# 1 Téma 1

## 1.1 Szenzor/érzékelő

- Monitorozásnál a szenzor
  - Érzékelő ami valamilyen fizikai/kémiai mennyiséget, vagy annak változását méri.
  - Digitális adatot ad ki magából.
  - A digitális adatot tovább tudja küldeni **vezetékes**, vagy **vezeték nélküli** csatornán.
- Szenzor problémák
  - Elem
  - Kezelhetőség
  - Működési időtartam
  - Élettartam
  - Kábelek, környezeti beépítési problémák
  - Egészségkárosító hatás
  - Technológiai korlátok (kommunikációs hatótávolság)

## 1.2 Adat-Információ-Ismeret-Tudás piramis



### 1.3 Data Acquisition - DAQ rendszerek

- Szenzorok
- Kliens oldali adatgyűjtő eszközök
  - Megjelenítési felülettel, vagy anélkül
  - Általános célú megoldások (PC, mini PC, okos telefon)
  - Célhardverek
- Központi adat tároló és adat menedzselő rendszerek (adat szerverek)
- Központi/kliens oldali megjelenítő rendszerek (web/alkalmazás szerverek)
- Központi rendszer felügyeleti eszközök (alkalmazás szerverek)
- Üzemeltető és kiszolgáló személyzet infrastruktúrája (szakemberek, technikusok, CallCenter, stb.)
- Kommunikációs infrastruktúra, ami az egyes részeket összeköti.

### 1.4 Járulékos hardver eszközök

- Összeköttetéshez a központi irányába
  - Okostelefon
  - Számítógép/célszámítógép/PDA
- Kábelek a szenzor és az adatgyűjtő összeköttetéshez
- Dongle-ek a vezeték nélküli átvitelhez

### 1.5 Rendszerirányító rendszerek

- Valós idejű információ folyamatos továbbítása, tárolása és feldolgozása, a rendszerirányítás megbízható számítógépes támogatása mind az operatív üzemirányítás, mind az üzemelőkészítés és üzemértékelés elvégzéséhez.
- Központi vezérlési rendszerek

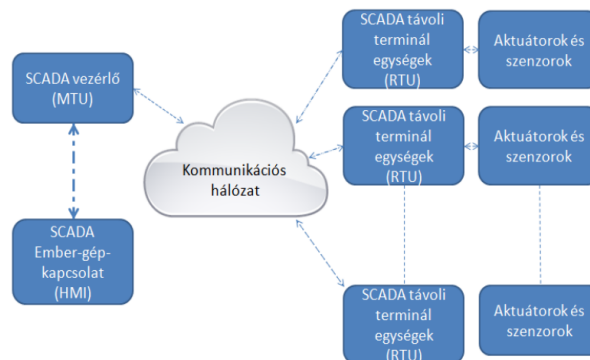
- Distributed Control System - DCS
- Supervisory control and data acquisition - SCADA

### 1.5.1 Distributed Control System - DCS

- Szemben a direkt helyi vezérlővel megvalósított rendszerekkel:
  - a DCS-ek esetében nagyobb a megbízhatóság,
  - kisebbek a kialakítási költségek, mivel a vezérlés lokálisan megvalósított és a vezérléshez szükséges kommunikáció is lokális,
  - központi (akár távolról megvalósított) ellenőrzés

### 1.5.2 Supervisory Control and Data Acquisition - SCADA

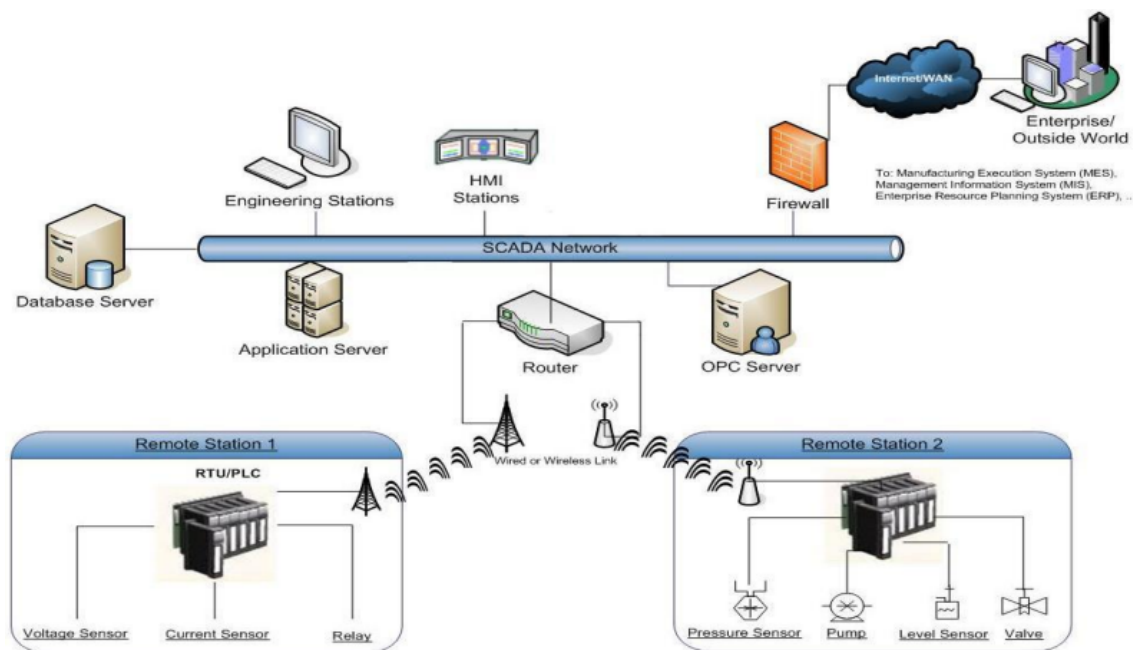
- Felügyeleti szabályozás és adatgyűjtés
  - Központosított vezérlés (figyel és vezérel)
  - Távoli adatgyűjtől
  - Biztonságos kommunikáció
  - Elosztott adattárolás
  - Időbélyegek
  - Például → Erőművek, csővezetékek, elektromos hálózatok, vízhálózatok
- Supervisory → Operator, engineer, supervisor
- Control → Monitoring, Limited, Telemetry, Remote/Local
- Data Acquisition → Analog/Digital



### 1.5.3 SCADA rendszer generációk

- Monolitikus, szigetszerű rendszerek, egymástól függetlenül működő zárt (kapcsolat nélküli)
- Elosztott rendszerek → LAN hálózatba rendezett, egymással hálózati protokollokon kommunikáló
- Hálózatos rendszerek → Földrajzilag nagyobb kiterjedésű (LAN-nál nagyobb) hálózatokba rendezett, egymással hálózati protokollokon kommunikáló rendszerek, egymástól független, egymással párhuzamosan futó
- Internet of Things (IoT)
- Felhő infrastruktúrákkal támogatott, növelt hatékonysággal, és optimalt költségekkel üzemelő online, valós idejű rendszerek.

### 1.5.4 SCADA rendszer általános belső architektúrája





### 1.5.5 A SCADA rendszerek főbb funkciói

- Távmérések, távjelzések fogadása
- Visszajelzés, adat vizualizáció
- Naplózás
- Riasztások (határérték és gradiens figyelés)
- Topológia analízis
- Távparancsadás
- Autentikáció és jogosultságkezelés
- Adattárolás

## 1.6 Példák a távoli adatgyűjtésre

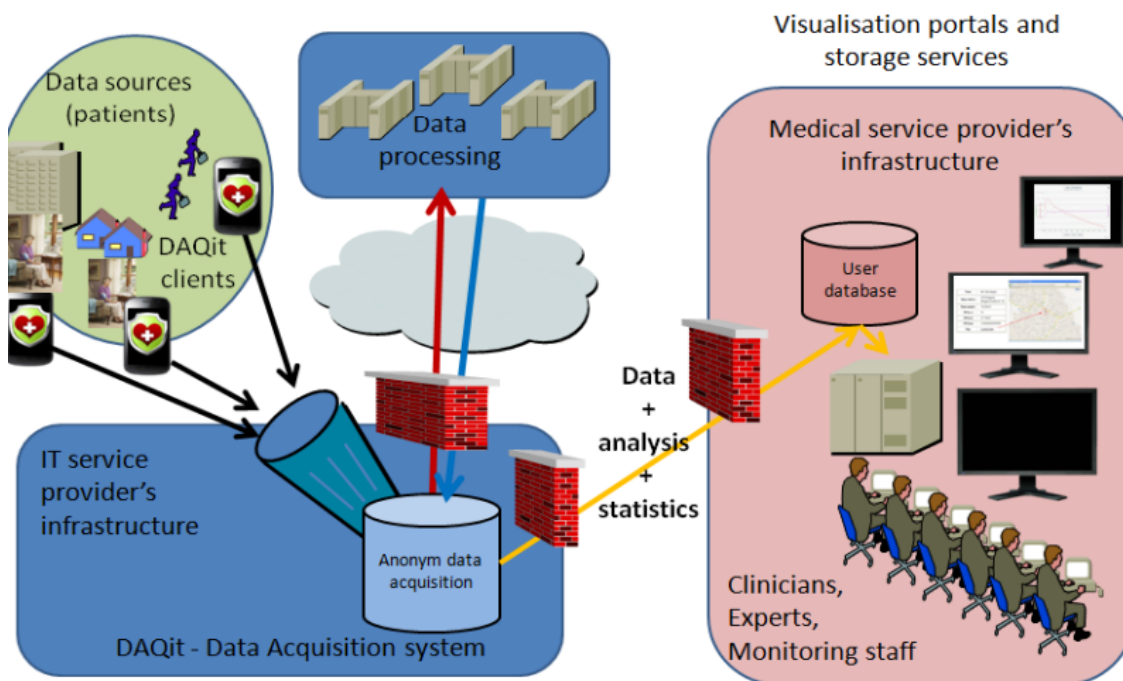
Régebben távoli, nehezen megközelíthető, veszélyes helyeken mérés, illetve gyakori automatizált méréssorozatok esetén elterjedt.

- Mérő állomásoknál
  - Meteorológiai, vízállás mérő állomások, épületek/hidak/alagutak
- Komplex berendezések
  - Részecskegyorsítók
- Egészséges emberek monitorozása
  - Intelligens ruhák
  - Munka közben (katonaság, tűzoltóság)
  - Sportolás közben (fitness)
- Telemedicina
  - Távdiagnózis
  - Távmonitorozás
- Autonóm robotok
  - AUV, UAV, ROV

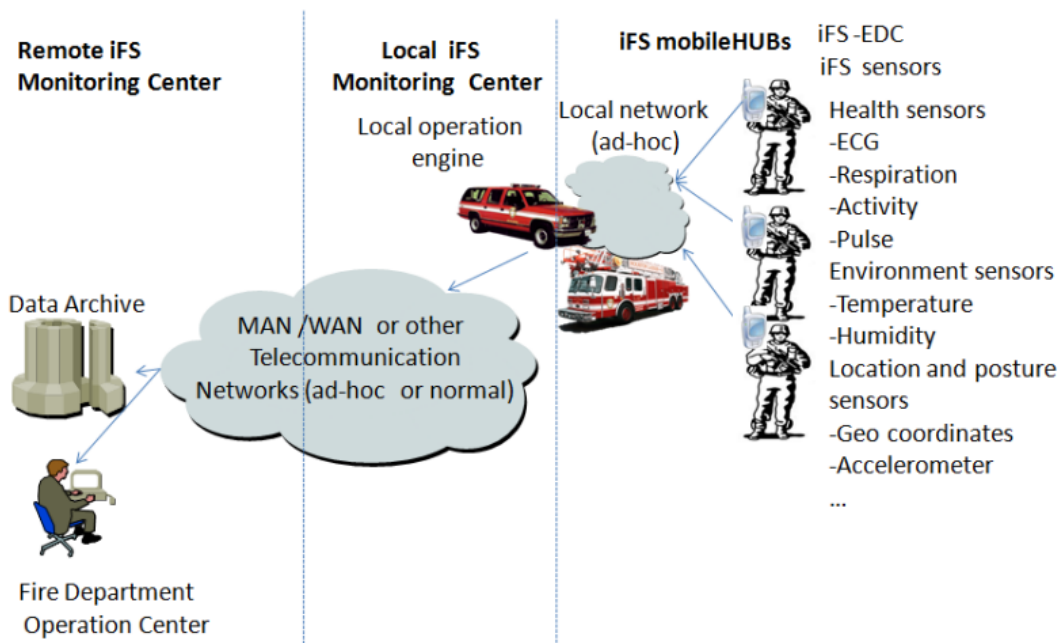
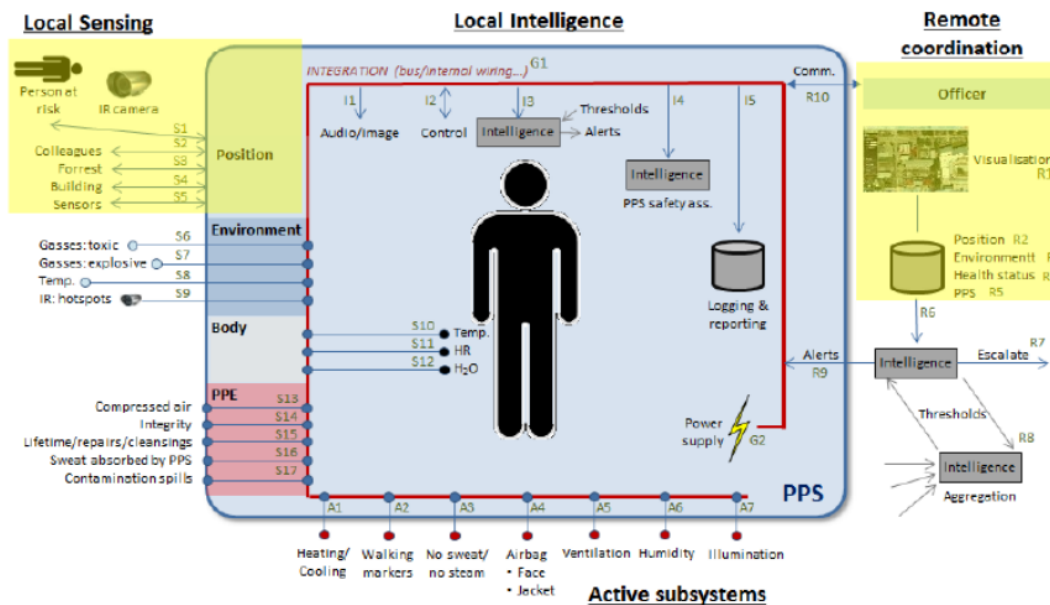
### 1.6.1 Távoló adatgyűjtő rendszerek általános működése

- Érzékelés
- Adattovábbítás
- Adatfeldolgozás, adatszűrés
- Adatelemzés
- Adatmegosztás, vizualizáció
- Az adatgyűjtő rendszer üzemeltetése
  - Megjelenő hibák észlelése és korrigálása

## 1.7 Általános páciens monitorozó DAQ architektúra



## 1.8 Élettani paraméterek monitorozása extrém körülmények között



## 1.9 Üzemeltetési és távfelügyeleti rendszer

- Távmonitorozó rendszer
- Eseménykezelő rendszer
- Hibakezelő rendszer
- Monitorozási környezet

## 2 Téma 2

### 2.1 Szenzorjelek feldolgozása

- Miért
  - Az adatokat értelmezni kell (például: lényeges információ a megfigyelt személy egészségi állapotáról, helyzet tudatosság, ...)
  - Adott paraméterter állapotváltozásának nyomonkövetése (trendek megfigyelése)
  - Amit nem ismerünk, azt nem tudjuk mérni, amit tudunk mérni, azt meg tudjuk ismerni.
- Probléma
  - Sok adat jön, redundáns az információ
  - Jönnek hibás, téves adatok
  - A nyilvánvaló adatok feldolgozása "egyszerű" (például: nincs szívhang, 42C-os hőmérséklet), és a többi szenzorjel közötti korreláció is érdekes
  - A sok adatot nehéz visszakereshetően tárolni

## **2.2 Élettani paraméterek (típusok)**

### **2.2.1 Organizmus mérhető paraméterei**

- Fiziológiai paraméterek (fizikai, kémiai, ...)
- Belül mért (invazív)
  - Folyadékok (vér), minták, ...
- Kívül mért (nem invazív)
  - Vérnyomás, pulzus, EKG, EEG, EMG, ...
  - Bőrhőmérséklet, szín, ...
- Mikro/makró környezet
- Páratartalom, hőmérséklet, tartás, gyorsulás, sebesség, ...

### **2.3 Szenzoradat kezelés**

- Data Acquisition (DAQ) (egy/több szenzor)
- Adatkezelés (feldolgozás/szűrés)
- Tárolás, keresés
- Vizualizáció
- Megosztás

### **2.4 Mért élettani paraméterek**

- Tudományos munka általában:
  - Mérés tervezése
  - Mérés kivitelezése ismert környezetben
  - Adatok előfeldolgozása (tisztítás, szűrés, ...)
  - Adatok feldolgozása
  - Adatok kiértékelése
  - Döntések

## 2.5 Mérési hibák

Minden mérés tartalmaz hibákat!

- Hibák jönnek:
  - Érzékelési hibák
    - \*  $A \rightarrow D$  konverzió (kvantifikálás)
    - \* Mintavételi hibák (Nyquist-Shannon mintavételi elmélet)
  - Mérési környezet/elrendezés
  - Mérőműszer problémák
    - \* AAMI - American Association for the Advancement of Medical Instrumentation, BHS-British Hypertension Society (A osztály 40%: 5Hgmm)
- Távoli mérések is tartalmaznak hibákat.

## 2.6 Távoli szenzor adat

- A szenzorokból jövő adatok egy adott paraméter (hőmérséklet, hely, pulzusszám, ...) digitalizált értékét jelentik.
- Ezt valamilyen mintavételi frekvenciával mért mintákból kapjuk meg, amik többnyire átlagok.
- A mérések gyakorisága fontos jellemzője a rendszernek, befolyásolja a végezhető adatelemzés felbontóképességét.
- Idő kell mire beérkezik
  - Valós idő
  - Szakaszos küldés  $\rightarrow$  Mit tárolunk?

## 2.7 Egyetlen vs. több szenzoros mérések

- Több szenzor  $\rightarrow$  több mért érték (és mért adat)
- Kérdés  $\rightarrow$  Melyik érték pontos(abb)/igaz(abb)?
- Mit használjunk?
  - Átlag? Súlyozott Átlag? ...

## 2.8 Mérnöki kihívások a nagymennyiségű adatgyűjtés-nél

- Általános kihívások
  - $P1 \rightarrow$  Sok DAQ csomópont
  - $P2 \rightarrow$  Sok szenzor (különböző típusú)
  - $P3 \rightarrow$  Nagy adatmennyiség lehetőleg gyorsan átküldve
- Kommunikációs probléma  $\rightarrow P1 \times P2 \times P3$
- Szoftver kihívások
  - Valós idejű DAQ + előfeldolgozás + feldolgozás + megjelenítés (különböző tartományok)
  - Komplex döntési helyzetek
  - Online adatmenedzsment (megosztás + archiválás)
- Hardver korlátok
  - Energia problémák
  - Kommunikációs hatótávolságok, adat multiplexálási problémák/idő, frekvencia
  - Biztonság, megbízhatóság, használhatóság

## 2.9 Biológiai jellemzők és mérések

- Vérnyomás
- Vér alkotó elemeinek mérése  $\rightarrow$  vércukor, koleszterin (LDL, HDL), laktát, hemoglobin, triglicerid
- Légzési paraméterek
- EKG, EEG, EMG, ECOG
- Testhőmérséklet
- GSR
- Súly, mozgásmennyiség



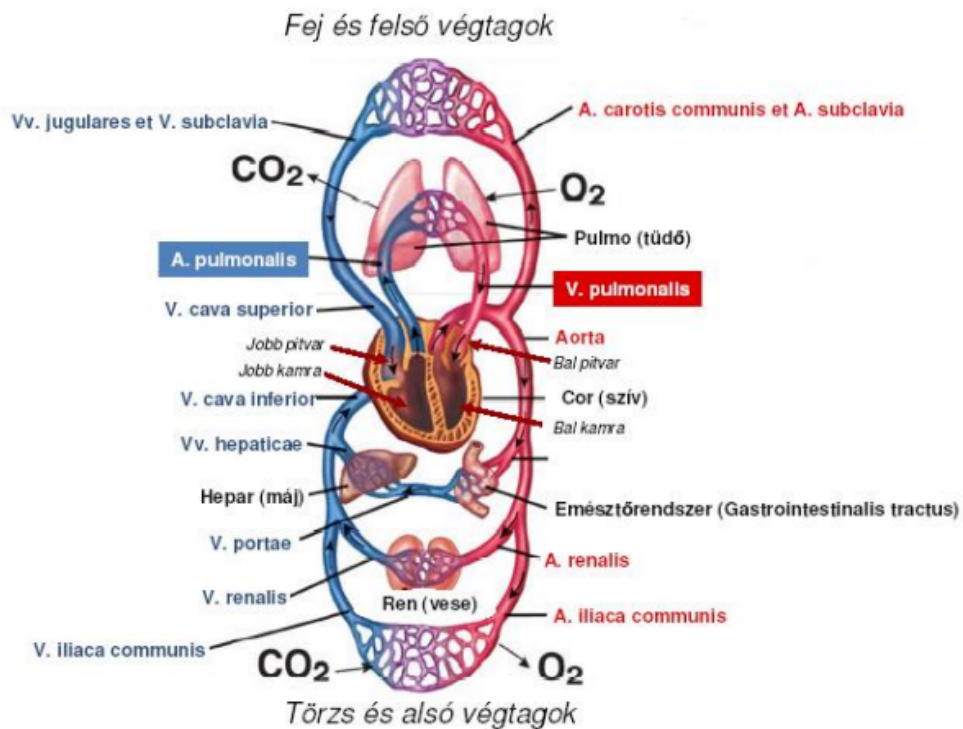
## 2.10 Vérnyomás

- A magas vérnyomás népbetegség
- A betegek száma folyamatosan nő
- A vérnyomáscsökkentő gyógyszerek piaca hatalmas
- A kezelés módja erősen függne a mért értékektől (legkisebb dózis)
- A vérnyomás viszonylag gyorsan jelentősen változó érték (a szabályozó rendszer instabil/nem robosztus)

## 2.11 Vérnyomásmérés

- Az egyik legtöbbet mért fiziológiai paraméter
- Több millió eladott berendezés Európában évente
- A készülékek mérési pontossága erősen eltérő
- Csak tájékoztató jellegű információt ad
- Sok mérési megoldásnál megfigyelhető a szervezet autoregulációs hatása  
→ A mérés beavatkozik a keringési rendszer biomechanikájába

## 2.12 Humán keringési rendszer



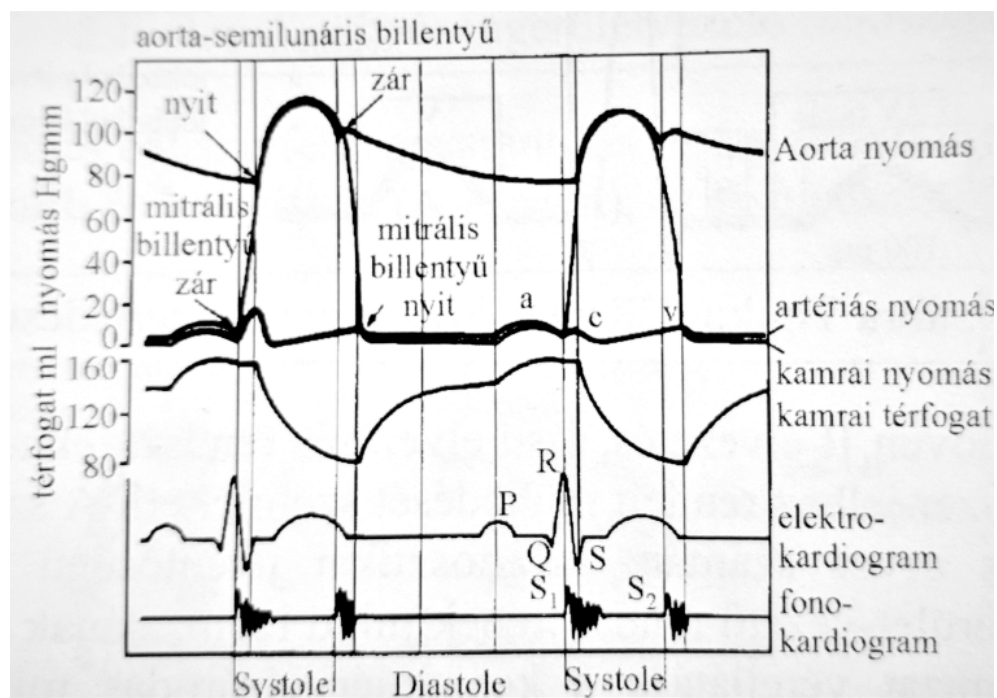
## 2.13 Szívverés - szisztolé és diasztolé

- Minden szívverés két fázisból áll, ezeket az orvosok szisztoléként és diasztoléként határozzák meg.
- A szisztolében a szívizom összehúzódik és vért pumpál a keringésbe, míg a diasztolé alatt ellazul és újratöltődik vérrel.
- Vérnyomás ingadozás okai
  - Hosszú idejű variabilitás (napi bioritmus) periódikus → +-20-40 Hgmm változás (24 órás ciklus)
  - Rövid idejű változékonyság, néhány perces hatások
    - \* Légzés, fizikai aktivitás, drogok/koffein/tea, +-20 Hgmm
    - \* Pszichés hatások, fehér köpeny effektus +30Hgmm

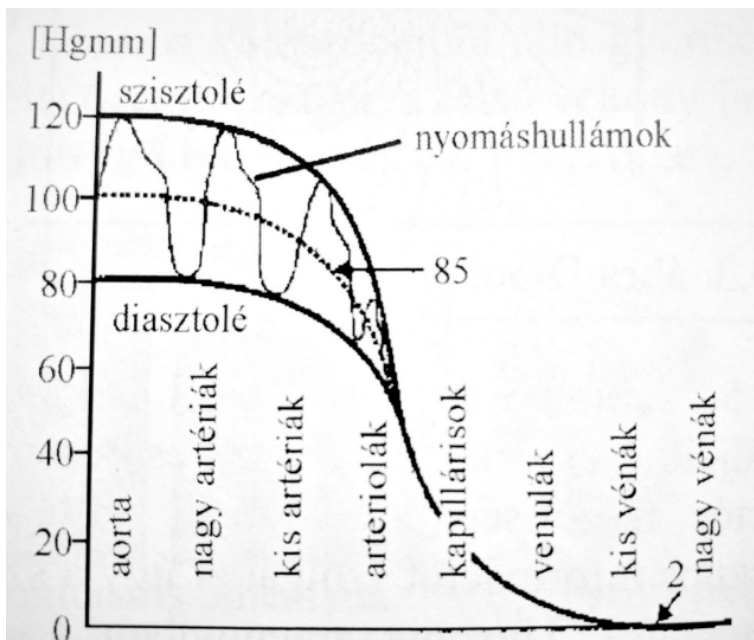
## 2.14 Vérnyomásértékek

Kategória	Szisztolés (Hgmm) nyomás	Diasztolés (Hgmm) nyomás
Optimális vérnyomás	< 120	< 80
Normális vérnyomás	120-129	80-84
Emelkedett-normális vérnyomás	130-139	85-89
Kóros vérnyomás - hipertónia	140 <	90 <
I. fokozat (enyhe hipertónia)	140-159	90-99
II. fokozat (közepesúlyos)	160-179	100-109
III. fokozat (súlyos hipertónia)	>= 180	>= 110
Izolált diasztolés hipertónia	< 140	> 89
Izolált szisztolés hipertónia	>= 140	< 90

## 2.15 A szív működés jellemző jelei

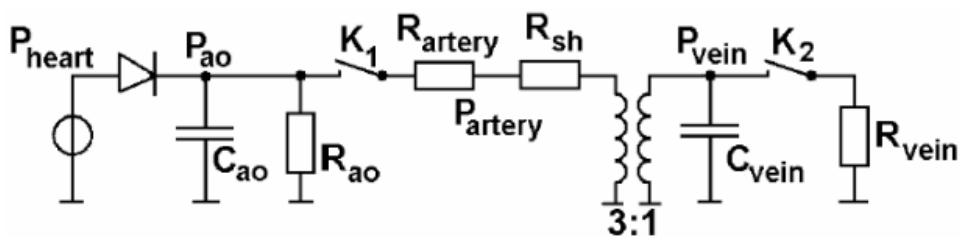


## 2.16 Nagyvérköri nyomásértékek



## 2.17 A keringési rendszer egyszerűsített modellje

- Szív, aorta és a bal artériának illetve vénáinak egyszerűsített villamos helyettesítő képe.
- Feszültség = nyomás, az áram pedig a térfogat-, illetve tömegáram.
- A kapacitások az aorta és a vénák puffer hatását reprezentálják.
- Diódák helyettesítik a billentyűket, transzformátor a kapilláris hálózatot és ellenállások az áramlási ellenállást.



- Áramlási ellenállás tetszőleges érdarabra:

$$R = \frac{8L\eta}{r^4\pi}$$

- $L$  az ér hossza,
- $r$  a belső sugár,
- $\eta$  a vér viszkozitása

- A nagy vérkör sorosan kapcsolt szakaszainak ellenállás eloszlása:

Aorta, nagy artériák	10%
Kis artériák (prekapilláris sphincterek)	50-55%
Kapillárisok	30-35%
Vénák	5%

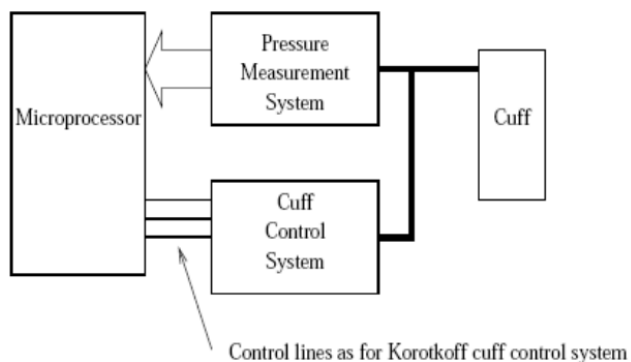
## 2.18 Mérések pontossága

- Készülékek minőségbiztosítása és pontossága, publikáltak szabványokat
  - AAMI - American Association for the Advancement of Medical Instrumentation
  - BHS - British Hypertension Society
  - Higanys manométer az etalon
    - \* A osztály: mérések 40%-ában 5Hgmm, 15%-ában 10Hgmm, 5%-ában 15Hgmm eltérés

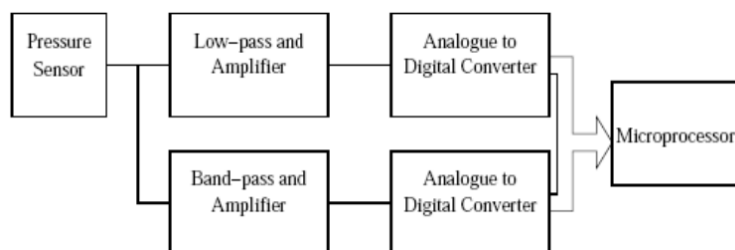
## 2.19 Mérési megoldások/elvek (nem invazív)

- Auszkultációs módszer
  - Korotkov hangok detektálásán alapul
  - Bal felkarra mandzsettás mérő, felfújjuk, alatta sztetoszkóppal figyeljük a szívverést
    - \* Pulzálás megszűnik → Szisztolés nyomás
    - \* Leeresztjük a mandzsettát → Turbulens áramlások (Korotkov hangok)
    - \* Amikor megszűnnek → Diasztolés nyomás
  - **Hátrány** → Egyetlen pillanatnyi érték, mandzsetta befolyásol, leeresztési sebesség befolyásol, szubjektív a hallgatóság
- Oszcillometriás módszer
  - Automata vérnyomásmérők
  - Marey fedezte fel
  - Az artéria pulzálása megjelenik a felkarra helyezett mandzsetta nyomásában
  - A pulzálás maximális → Artériás középnyomással (MAP)
  - A szisztolés és diasztolés érték ebből számolható definiált szorzókkal
  - **Hátrány** → A szorzók pontatlanok, öregedés (artériák rugalmatlanok)

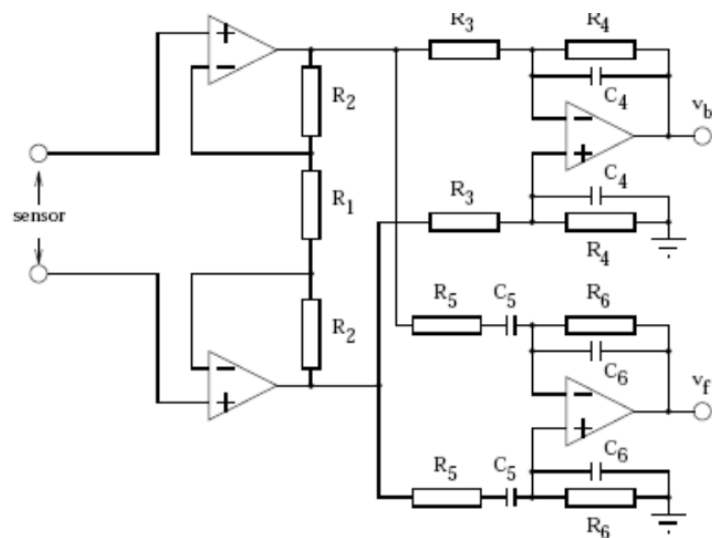
## 2.20 Oszcillometriás vérnyomásmérő elvi felépítése



### 2.20.1 A nyomásmérő rész blokkvázlata (oszcillometriás)



### 2.20.2 A nyomásmérő rész aluláteresztős erősítőjének megvalósítása



## 2.21 Mérési megoldások/elvek (nem invazív)

- Tonometria
  - Legpontosabb nem invazív mérési módszer
  - Mechanikai tapintófejjel rögzítésre kerül a csuklóartéria pulzálása (folytonos nyomásgörbe)
  - **Hátrány** → Költséges megoldás
- PPG-alapú vérnyomásmérés
  - A fotopletizmográf (PPG) a hajszálerek térfogat változását regisztrálja (pl:a bal kéz egyik ujjbegyén)
  - Mandzsettával méri + EKG görbe
  - Bal felkaron mandzsetta → Nyomása meghaladja a diasztolés értéket, a PPG hullámok amplitúdója elkezd csökkenni, majd meghaladva a szisztolés értéket eltűnik.
  - A szisztolés nyomás ezzel nagy pontossággal mérhető (az egyetlen bizonytalanság a felfújás sebességéből adódik)
  - A diasztolés nyomásnál a PPG amplitúdója modulálja a légzést
  - Az EKG R-hullám és a PPG pulzus közötti késleltetés méréseéből számolható a szisztolés vérnyomás
  - **Hátrány** → Bonyolult, sok nehezen követhető változó

$$BP = \frac{1}{\alpha} \left[ \ln \left( \frac{L^2 d\rho}{E_0 h} \right) - 2 \ln(\Delta T_{PT}) \right]$$

## 2.22 Vérnyomásmérők a gyakorlatban

- Felkaros
- Csuklós
- Ujjbegyes



### **2.22.1 ABPM - vérnyomás Holter**

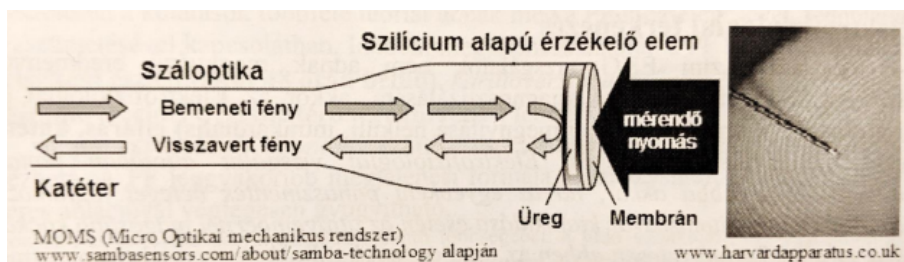
- Hosszú idejű mérések
- BHS és AAMI validált pontosság
- 190g
- Felkaros
- ABPM report

### **2.22.2 Vérnyomásmérést befolyásoló tényezők**

- Testhelyzet
  - Keresztve tett láb + 8Hgmm, ülő helyzet + 5Hgmm, ...
- Mérési technológia
- Napszak
- Érzelmi állapot
- Fizikai aktivitás
- Karvastagság, illetve a mandzsetta aránya (méret)
  - Karkörfogat 80%-a

### 2.22.3 Invazív vérnyomásmérés

- Intravaszkuláris vérnyomás érzékelő
- Szűkült érszakasz áramlás és nyomásviszonyairól ad információkat
- Katéteres nyomásmérési megoldások
  - Mikromanométer végű vezető drót végén nyomásérzékelő
  - Fiziológiás folyadékkal feltöltött katéter (érzékelő a külső szerelékben van)
  - Katéteres mikro optikai nyomásérzékelő (MOMS)



### 2.22.4 Vér összetevők mérése

- Vércukormérés
- Koleszterinszint mérés
  - LDL-koleszterin mérés
  - HDL koleszterin mérés
  - VLDL koleszterin mérés

### 2.22.5 Vércukor

- A tápcsatorna a táplálékkal felvett szénhidrátokat glükózzra (szőlőcukor) bontja.
- A glükóz a bélfalon keresztül a vérbe kerül és ezúton a test minden részére eljut.

- Cukorhiánynál a májban egy folyamatos szőlőcukor-újraképzés (glukoneogenezis) zajlik és ez biztosítja a vércukor konstans szinten tartását.
- A sejtek a glükózt energiaforrásként használják valamint egyes sejtek (máj és izom) ezen kívül képesek a glükóz tárolására is szénhidrát (glikogén) formájában.
- Inzulin
  - Latin insula (sziget) szóból kapta
  - Langerhans német kutató (Langerhans szigetek (a hasnyálmirigy szöveti eleme) (1%).)
  - Ha egy állatból kivette a hasnyálmirigyet, akkor a cukorbetegség tünetei jelentek meg.
  - Az inzulin serkenti a máj glikogénraktározását és a sejtek glükózfelvételét, ily módon csökkenti a vércukorszintet.
- Ha az inzulin hiányzik (abszolút inzulinhiány) vagy nem tud rendesen hatni (relatív inzulinhiány), hiányzik az inzulin glukoneogenesis gátló hatása és a szabályozás felborul.
- A máj inzulin hiányában naponta 500 g szőlőcukort képes termelni.
- Az inzulin inzulinreceptorokon keresztül kötni tud a test egyes sejtjeihez (máj-, izom- és zsírsejtek) és kis pórusokat nyit a sejtmembránon, amin keresztül sejtek a glükózt fel tudják venni.

## 2.23 Inzulin problémák

- Hiány
  - A sejtek (az agysejtek kivételével) nem tudják a glükózt a vérből felvenni, így az a vérben marad.
  - Növekedik a glükóz-újraképzés a májban.
  - Megemelkedik a vércukorszint.
- Felesleg
  - Inzulinrezisztencia: a sejtek idővel ellenállnak az inzulin sejthártya nyitogató kísérleteinek.

## 2.24 Cukorbetegség

- Diabetes mellitus vagy diabétesz
- A cukor vizelettel való fokozott kiválasztására és a megemelkedett vizeletmennyiségre utal.
- A 2-es típusú cukorbetegség
  - Lépcsőzetes kezelés
  - Életmódváltoztatás → testsúlycsökkentés
  - Tablettás antidiabetikus gyógyszerek
  - A betegség előrehaladásával, amikor a béta-sejtek kimerülése megindul, a tablettás készítmények mellett szükség lehet hosszú hatású inzulinkészítmények esti adására.
  - Az utolsó szakaszban, amikor a béta sejtek kimerültek, az inzulint az 1-es típusú diabéteszhez hasonlóan teljesen pótolni kell.
- 1-es típusú cukorbetegség
  - Inzulin adás szükséges (rendszeres)
  - A hasnyálmirigy inzulint termelő béta-sejtjeinek pusztulása következtében nincs elegendő inzulintermelés.
- GDM - A terhességi vagy gesztációs diabetes mellitus
  - A terhesség első három hónapjában jelentkezik és a terhesség végével általában eltűnik.
  - A terhességi hormonok hatására alakulhat ki.

## 2.25 Vércukorszint

- A vérben lévő cukor mennyisége folyamatosan ingadozik (ez normális)
  - Nem cukorbetegéknél → Étkezések előtt akár 4-6 mmol/l között, étkezéseket követően pedig 5-9 mmol/l között.
  - Cukorbetegéknél az ingadozások mértéke ennél nagyobb lehet.
- A rendszeres vércukormérés eredményeiből szabad csak következtetéseket levonni.
  - Ha azok egy-egy napszakra, egy-egy étkezés előtt vagy után jellemzően kimutathatók, az egy-egy időpontban végzett mérések több, mint 70%-ában reprodukálhatók.

## 2.26 Vércukormérés gyakorisága

- Diétával és tablettával kezelt cukorbetegéknél kisebbek a vércukoringadozások ezért általában elég naponta egy vércukorszint mérés.
- Napi profil mérés → egyelten nap 5-6 vércukormérés, ezt követően pedig 1-2 héten át semmi.
- A lépcsőzetes – naponta, másnaponta egyszer – végzett vércukorszint mérések jól tükrözik a vércukor alakulás napszakos dinamikáját.
- Inzulinos pácienseknél naponta többször.

## 2.27 Vércukormérés

- Vércukormérő berendezés
  - Kisméretű, egyszerűen kezelhető leolvasó műszer
- Tesztcsík
  - Színváltozások egyértelmű és minél pontosabb leolvasása
- Kalibrációs segédeszközök egyszerű hitelesítés
- Lándra (vért veszünk szúrással)

## 2.28 Hátrányok

- A kémia reakcióknál a vegyi anyagok szavatossága korlátos
- Leolvasás automatizáltsága
- Eredmények reprodukálhatósága, validálás

## 2.29 CGM - Folyamatos vércukormonitorozás napjainkban

- Abbot Freestyle Libre
- DEXCOM
  - DEXCOM G5
  - DEXCOM G6
- MEDTRONIC - Guardian

## 2.30 Inszulin

- Régebben állati inzulin
  - Sertés és marha hasnyálmirigyéből kivont inzulinkészítményeket ma kizárólag azok kapnak, akik már régóta ezeket a készítményeket használják. (esetenként súlyos allergiás reakciók)
  - E.-coli nevű baktériummal, sütőélesztővel állítják elő (inzulin termelésére beprogramozva) a "humán inzulint"

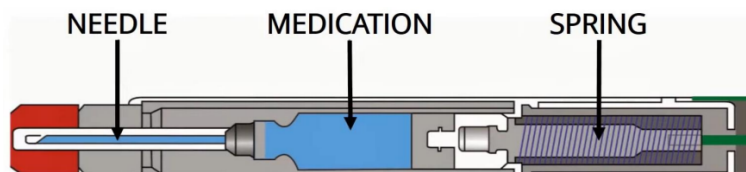
### 2.30.1 Inszulin beadása

- Régen injekciós tűvel (inzulin)
- Inszulin toll segítségével
- Inszulin pumpa segítségével
- Kísérleti fázis:
  - Orron át adható → orrspray
  - Szájon át adható → folyadék, tabletták
  - Belégzéssel → inhalációs inzulin

### 2.30.2 Inszulin adagolók napjainkban



### 2.30.3 Auto-injector megoldás belső részei



### 2.30.4 CGM + inzulinpumpa

- Folyamatos vércukorszint mérés kombinálva inzulinpumpával
- Mesterséges hasnyálmirigy
- Automatikus szabályozó algoritmusok
- Inszulin, és/vagy szénhidrát adagolás

### **2.30.5 Koleszterin (LDL/HDL), laktát, hemoglobin, triglicerid mérés**

- Mérő berendezés
  - Kisméretű, egyszerűen kezelhető leolvasó műszer
- Tesztcsík (többnyire külön az egyes mérési paraméterekre)
  - Színváltozások egyértelmű és minél pontosabb leolvasása
- Kalibrációs segédeszközök egyszerű hitelesítés
- Lándzsa (vért veszünk szúrással)
- Digitális

### **2.31 Gyógyszerszedés**

- Széles a piac
- Idősebbek többet szednek
- Gyógyszer adagoló megoldások
  - Elektromos/mechanikus
  - Gyógyszer adagolók
  - Elektromos, automata porciózással
  - Manuális-mechanikus felhasználói aktivitással



## 2.32 Evolúció



## 2.33 Defibrillátorok és pacemaker-ek

- Pacemaker
- Defibrillator (ICD)
- Cardiac Resynchronization Therapy (CRT)

## 2.34 Az emberi légzés monitorozása

- Külső légzés
  - Állandó légcseré zajlik a tüdő és a környezet között
- Belső légzés
  - A sejtek és szövetek légzése (gázcseré)

### 2.34.1 Pulzoximetria

- Mérő szenzor a páciens ujjára, ami a mérés során folyamatosan érzékeli az oxigén szint változását.
- Kis csipeszhez hasonló készülék
- Fájdalommentes vizsgálat
- Kritikus állapotú betegben a módszer sajnos gyakran megbízhatatlan a perifériás vasoconstrictio miatt (az eszköz nem érzékeli a pulzushullámot).

### 2.34.2 Külső légzést monitorozó eszközök

- Kilégzési csúcsáramlás mérő
  - Lényegében azt méri, hogy egy kilégzés alkalmával milyen gyorsan jut ki a levegő a tüdőből.
  - A leolvasott érték az úgynevezett kilégzési csúcsáramlás értéke (peak expiratory flow, PEF), egysége l/perc.
  - Standard értéktáblázat, amiben benne vannak a testmagasság, életkor és nem szerint specifikált értékek.
- Spirométer
  - A tüdő levegőbefogadó képességének mérésére való eszköz
- Légzési rátát monitorozó öv
  - Nyúlásképes pánt, ami a mellkas térfogatváltozását érzékeli
- Légzésfigyelő/őr babákhoz
  - Babaágy alá helyezhető mozgás érzékelő betét/matrac
- Légzésszámláló
  - Alvás/horkolás monitorozás mikrofonnal

## 2.35 Mozgásmonitorozás vs. mozdulatmonitorozás

- Mozgásfigyelés
  - Mozgás a lakásban
  - Életjel (anno: füst felszáll a szomszéd kéményéből)
  - Alvásmonitorozás
- Mozdulatmonitorozás
  - Rehabilitáció (stroke, baleset, fejlődési rendellenesség)
    - \* Helyesen/helytelenül végzett gyakorlat (szög, sebesség, táv, mennyiség)
  - Biomechanikai elemzések
    - \* Hogyan csinálja, mozdulat optimalizálás
  - Mozgástanulás

## 2.36 Mozdulat és mozgásmonitorozó rendszerek

- Mozgásmennyiség szenzorok
  - Testen viselt szenzorok → Aktigráfok, aktivitás érzékelők
  - Lakáson belüli szenzorok → Passzív/aktív falra szerelhető mozgás szenzorok
- Monitorozás optikai tartományban
  - Kamera alapú rendszerek passzív optikai referencia markerekkel
- Monitorozás rádió és/vagy ultrahang tartományban
  - Aktív, vagy passzív markerekkel

### 2.37 Személyi mozgásmennyiség mérő

- Mozgásérzékelő szenzor (accelerométer), ami alkalmas a különböző végtag és törzsmozgások detektálására → Gyorsulásmérő
- Részei
  - A piezo-elektromos gyorsulásmérő/giroszkóp, stb
  - Esemény szűrő
  - Belső óra és memória

### 2.38 Mozgásmennyiség figyelés (életviteli minták)

- Passzív mozgásérzékelők
- Telepített, viszonylag állandó/stabil rendszerek

### 2.39 Mozdulat monitorozás

- Cél → A mozdulat/testmozgás kvalitatív és kvantitatív jellemzőinek mérése és rögzítése
  - Mozdulat sebessége
  - Mozdulat pontossága
  - Mozdulatok száma
  - Izületi mozgásterjedelem

## **2.40 A monitorozás eredményeinek felhasználási területei**

- Mozgásrehabilitáció
  - Balesetek utókezelése
  - Stroke utókezelése
- Mozgásszervi betegségek kezelése
- Tremor (nyugalmi, akciós, stb) regisztrálása és vizsgálata (Parkinson)
- Távrehabilitáció/gyógytorna
- Sportmozgások biomechanikai elemzése
- Mozdulat/mozgástanulás támogatása
- Motion capture (pl.: filmek)

## **2.41 Megoldási alternatívák**

- Hagyományos módszer
- Video/markeres módszerek
- Célhardverek
- Informatikai megoldások → Alternatív/költséghatékony

## **2.42 Mozgásmonitorozás - célhardverek**

- Hang RF/Ultrahang
- Speciális ruha (aktív-passzív markerek)
- IR grid

## 2.43 Eszközök

- Hardver
  - Zebris (német)
  - CMAS (amerikai)
  - Cricker Indoor Location System (amerikai)
  - Kinect I/II (Xbox, Windows)
  - IMU alapokon
- Szoftver
  - SkillSpector (videó alapú)
  - The MotionMonitor (videó vagy hardver alapú)

## 2.44 Mozdulatkövetés a gyakorlatban (hardver és eszköz)

- Hardver #1
  - Hibrid megoldás (RF + ultrahang)
  - RF frekvencia (433 MHz)
  - 30 méteres hatótávolság
  - Felbontóképesség (1cm (3 méteren), 2 cm (10 méteren))

## 2.45 Szoftver képességek

- Mozgási adatok beolvasása (3D térkoordináták, idő és szenzor adatok)
  - Külső mozgásmonitorozó eszközről + archivált adatokból
- Mozcás grafikus megjelenítése
- Számítások (távolság és hajlásszög számítás)
- Mozgási adatok rögzítése, minta mozgások felvétele
- Korábban rögzített mozgási adatok elemzése

## 3 Téma 4

### 3.1 Elektromos jelek gyűjtése a testből/ről

- EKG → ElectroCardioGraphy
  - Non-invazív szívvizsgáló eljárás, ami a szív elektromos jelenségeit vizsgálja, a szívizom-összehúzódásakor keletkező elektromos feszültség regisztrálásával.
- EMG → ElectroMyoGraphy
- EEG → ElectroEncephaloGraphy
- ECoG/ECG → ElectroCOrticoGraphy

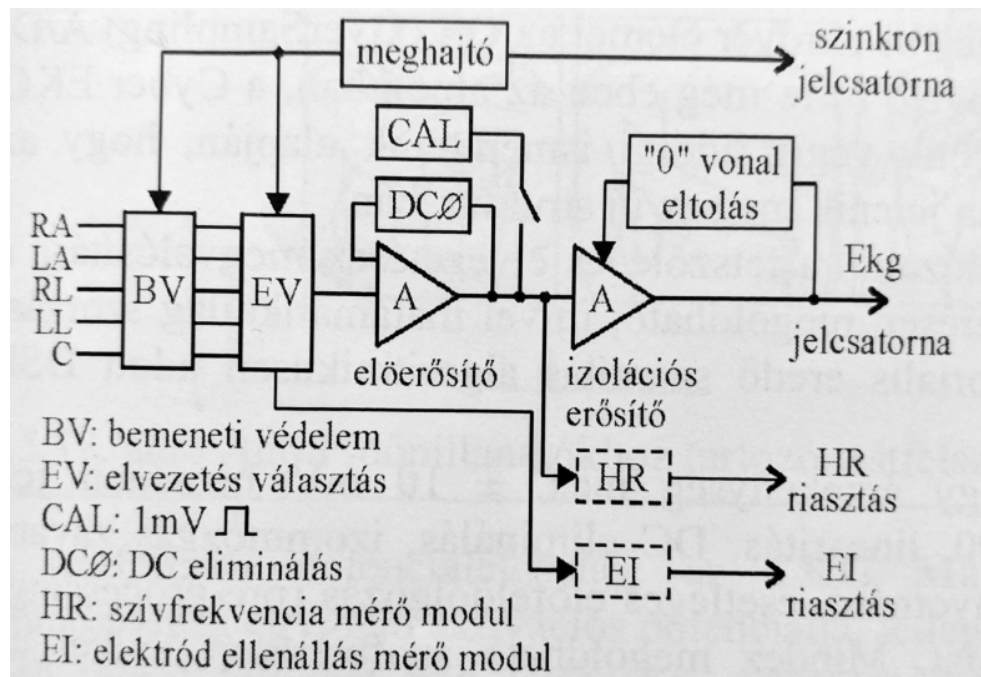
### 3.2 Elektrokardiográf (EKG)

- A szív elektromos jeleit vizsgáló eljárás (a szívizom-összehúzódásakor keletkező elektromos feszültséget regisztrálja).
- Az EKG működési elve: a szívben lejátszódó elektromos folyamatok a test felszínén is jól érzékelhetőek, hiszen az emberi test jó vezető. Az apró elektromos változásokat felerősítve a jelek időben ábrázolhatók, így alakult ki az EKG-görbe.
- Az elektromos ingerületet a test felszínére helyezett elektródákkal lehet érzékelni. Az EKG hullám szabályos görbét ír, melynek egyedi alakja és sajátosságai vannak.
- Az EKG felfedezése és az első maihoz hasonló elven működő EKG készülék

### 3.3 EKG

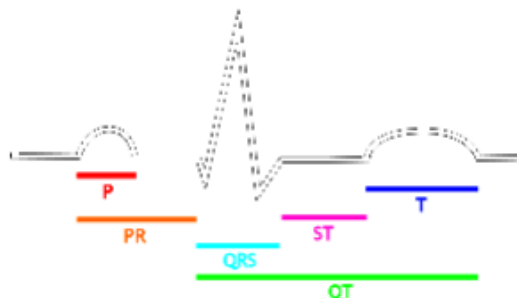
- Az első EKG-berendezések három ponton, a két kézen és a bal lábon mérték az elektromos változásokat. (1912-ben Einthoven bemutatja az Einthovenháromszöget)
- A három pont (a törzshöz való csatlakozásukat számolva) egy szabályos háromszöget ad ki, középpontjában a szívvel. Ennek a három pontnak az egymáshoz viszonyított feszültségértékeiből mérhető a feszültség változásának három külön értéke, amit római számokkal jelölnek.

### 3.4 EKG bemenet funkcionális felépítése





### 3.5 EKG görbe



- Egy szabályos EKG-felvételen öt csúcsot lehet megkülönböztetni, ezek a P, Q, R, S, T betűkkel vannak jelölve. Az egyes csúcsok megfelelnek bizonyos eseményeknek a szívben (depolarizáció - elektromos kisülés vagy repolarizáció - elektromos újratöltődés).
- **P** → - ingerület a szinusz csomóban (a pitvaron áthaladó elektromos impulzust, a pitvar összehúzódását jelzi)
- **Q** → az ingerület kezdete a kamrákban, ez az apró negatív csúcs gyakran nem is látható, ha nagyon megnövekszik, az infarktust jelezhet
- **R** → a legnagyobb csúcs a kamrákon végigterjedő ingerületet mutatja
- **S** → ez a negatív csúcs a kamrán végigfutó ingerület végét jelzi
- **T** → a kamra repolarizációját mutatja
- **U** → a normális görbén nem vagy csak alig látható, kóros állapotokban, például káliumhiány esetén látványosan jelenik meg
- **PQ intervallum** pitvar - kamrai átvezetést jelent
- Minden egyes normális szívverés tartalmaz egy P-hullámot és QRSkomplexumot és egy T-hullámot.

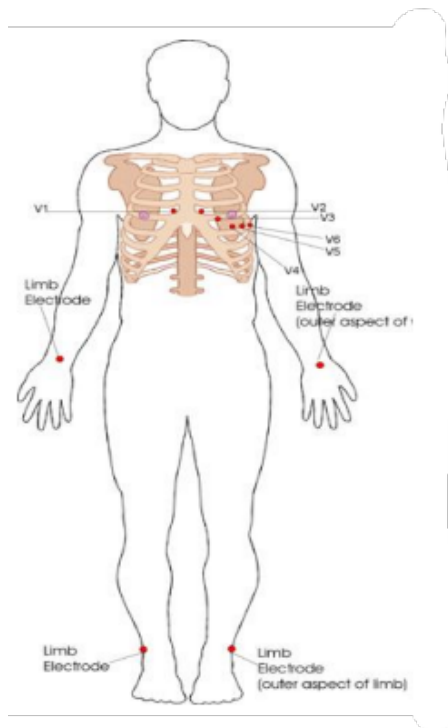
### 3.6 EKG mérés régen és ma

- Kórházi EKG
- Transzfónikus EKG-k (Mentőszolgálat)
- Mobil EKG-k
  - 66\*59\*17mm, 50 g, 1-2-3-5-12 csatorna
  - Mintavételi frekvencia:150-300-600 Hz
  - Időkorlátos/non-stop Holter monitor
- Viselhető eszközök

### 3.7 12 elvezetéses EKG – kórházi használat

- A 12 elvezetés EKG során 10 elektródát használunk. Elhelyezkedésük a testen a következő

- RA (right arm): a jobb kézen, csontos kiemelkedések kerülendők.
- LA (left arm ): a bal kézen ugyan oda ahol az RA van, csontos kiemelkedések kerülendők, azonos időben alkalmazandó.
- RL (right leg): jobb lábon, csontos kiemelkedések kerülendők.
- LL (left leg ): bal lábon, csontos kiemelkedések kerülendők, ugyanoda ahová az RL került, azonos időben alkalmazandó.
- V1: a negyedik bordaközhöz (4. és 5. borda között) a szegycsont jobb oldalára.
- V2: a negyedik bordaközhöz (4. és 5. borda között) a szegycsont bal oldalára.
- V3: a V2 és V4 közé.
- V4: az ötödik bordaközhöz (5. és 6. borda között) a középső klavikuláris régióba (clavicula - kulcscsont).
- V5: a V4-el horizontálisan a line axillaris anterior vonalába.
- V6: a V4 és a V5 elvezetésekkel horizontálisan, a közép hónalj vonalon.



### 3.8 Mobil EKG rendszerek a gyakorlatban

- Szív és keringési rendszer monitorozás
  - Terápia követés
  - Távoli páciensmonitorozás-gondozás
  - Ambuláns EKG holter monitorozás 24/7!
  - Edzés/sportmozgás monitorozás (egyéni és csapatsportra)
    - \* Terheléses EKG (pl.: 5 csatorna)

### 3.9 EKG monitorok

- Orvosi minőség
  - CardioBlue (esemény monitor)
  - Wiwe
  - Savvy

### 3.10 Mobil - viselhető EKG monitorok

Model type	Manufacturer	Sensor type	Connection type
Bioharness	Zephyr Technology Ltd.	< DAQ harness: pulse, posture, RR, Heart rate	Wireless (BTv2)
Quardio (Consumer electronic grade)	< Quardio Inc.	Mobile ECG, GSR, temperature, pulse, breathing activity, 1 day	Wireless (BTv4)

- Sport monitorozás
  - Órák
  - Sport
  - Extrém körülmények
  - Prevenció (hirtelen szívhalál)

### 3.11 Szívritmusszabályzók, pacemakerek

- A mellkasban vagy a hasban műtét során elhelyezett kis eszköz (szenzor és aktuátor) , ami, elektromos impulzusok segítségével képes a szív ingerképző és ingerületvezető feladatait átvenni, illetve kontrollálni.
- Aritmia
  - szívritmuszavar
  - aritmia esetén a szív vagy túl lassan (bradikardia), vagy túl gyorsan (tachikardia), vagy szabálytalanul veri a testbe a vért
  - ez olyan tüneteket okozhat, mint fáradtság, légszomj, ájulás
  - súlyosabb esetben azonban ronthatja a szervezetet, eszméletvesztéshez, halálhoz is vezethet
- Pacemaker beültetésével ezek a tünetek eltűnhetnek, a betegek teljes, aktív életet élhetnek.

### 3.12 Kinek van szüksége pacemakerre?

- Általában az orvosok az előzőekben vázolt esetekben ajánlanak pacemakert.
  - A leggyakoribb ok a bradikardia.
- További esetek lehetnek
  - Öregedés vagy szívbetegség okozta szinuszcsomó problémák miatt
  - Pitvarfibrilláció esetén (öngerjesztő hatás, az aritmia egy fajtája)
  - Bizonyos gyógyszerek szedése mellett, pl. Béta-blokkolók esetében a szívverés ritmusa lelassulhat.
  - Szívizom problémák esetén
  - Hosszú QT szindróma esetén

### 3.13 Hogyan működik a pacemaker?

- Egységei
  - elem,
  - számítógéppel ellátott generátor,
  - vezeték + szenzor → elektróda
- Mit csinál?
  - Az elektródák detektálják a szív elektromos aktivitását, és adatokat küldenek a számítógépesített generátorba
  - Helytelen szívritmus esetén a számítógép arra utasítja a generátort, hogy elektromos pulzust küldjön a szívnek

### 3.14 Pacemakertípusok

- Egyelektródás pacemaker
- Pitvar-kamrai pacemaker
- Biventricularis pacemaker

### 3.15 Egyelektródás pacemaker

- A vezeték a jobb kamra vagy a jobb pitvar és a generátor között szállít impulzusokat.

### 3.16 Pitvar-kamrai pacemaker

- A vezetékek a jobb kamra, a jobb pitvar és a generátor között szállítanak impulzusokat.
- Segíti a két kamra összehúzóódásának időzítését

### **3.17 Biventricularis pacemaker**

- A vezetékek a pitvar, mind a két kamra és a generátor között szállítanak impulzusokat
- Az előző típus a jobb pitvar és a jobb kamra együttműködését segítette
- Ez a típus egy harmadik vezetékkal a két kamra egyidejű összehúzódását segíti

### **3.18 A beültetésről**

- nagyjából 1 órás
- kulcscsont alatti területet helyileg érzéstelenítik, majd kis bevágás a bőrön
- az elektródát egy vénán keresztül bevezetik a szívbe → ellenőrzik (pl.: rtg-n) a helyes elhelyezkedést
- ezután csatlakoztatják a pacemakerhez, majd ezt a kulcscsont alatt képzett kis üregbe helyezik

### **3.19 A szív elektrofiziológiás vizsgálata diagnosztikai katéterrel**

- Speciális katéterek
- Egyszerre több ponton is lehet mérni
- Rtg-vel, illetve ultrahanggal támogatott elhelyezés