



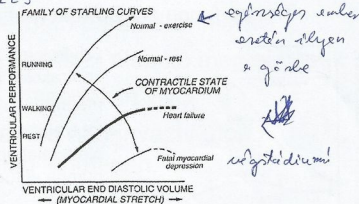
A kardiális kontraktilitás mérése – balkamrai nyomás-térfogat analízis

Dr. Radovits Tamás, PhD

Simmelweis Ekvetern, Kardiológiai Központ, Budapest

A bal kamra funkciót befolyásoló tényezők in vivo

- 1.: PRELOAD - Frank-Starling törvény



-lehetséges „szubcelluláris magyarázatok”:

-, „optimális” sarcomer-hossz; Ca^{2+} -érzékenység változása a sarcomer-hossz függvényében

-mechanoszenzítív Ca^{2+} - csatornák

ninteli elotti
~~rethas ninteli~~
kamma telttetsi
rethas is
nyilick

erschell Dentonhall,
mincl Hornall

MAGYARASZAT:

nahomer
kontrakcijske
 Ca^{2+} brel

mindessmál a narkózis, amivel megvalósult Ca^{2+} -érzékelés egy optimális hősn

A bal kamra funkciót befolyásoló tényezők in vivo

UTÓTERHELES

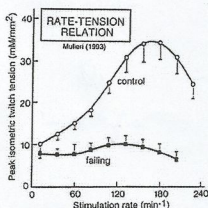
- 2.: AFTERLOAD - bal kamra előtti nyomással szembe kell dolgozik

- az a nyomás, amellyel szembe dolgozik a kamra
- bal kamra esetén közelíthető az aortanyomással

A bal kamra funkciót befolyásoló tényezők in vivo

• 3.: SZÍVFREKVENCIA

- Treppe fenomén / Bowditch-effektus



- szívfrekvencia ↑ kamrai kontrakciók ereje ↑ Ptf ↑
- megfordítva is igaz
- több Na^+ lép be időegység alatt, mint amennyit a Na^+ -pumpa el tud távolítani

depolarizációk több Na^+ lép be

minél nagyobb a frekvencia, annál erősebb

A bal kamra funkciót befolyásoló tényezők in vivo

- 4.: KONTRAKTILITÁS *szívizomzat helye, intenzitása összehúzóerő befolyásoló*

-szívizomzat intrinsic összehúzóerő (pumpafunkciója)

-Nagyobb kontraktilitás esetén növekszik:

- kamrai szisztolé sebessége
- kamraüregben generált maximális nyomás
- szívteljesítmény

Inotrop hatás: szívizomzat-összehúzóerő erejének megváltozása

Celluláris mechanizmusok a háttérben:

- megnövekedett Ca^{2+} transziens *↑ jel (kontrakciós gyors növekedés)*
- kontraktilis fehérjék emelkedett Ca^{2+} -érzékenysége

A kontraktilitás fogalmának problematikus volta

- egzakt, mérhető paraméter hiánya *in vivo*
- közmegegyezésen alapuló megjelölések *in vivo*
- mérési nehézségek in vivo
- pontos mérése non-invazív úton gyakorlatilag lehetetlen

A kontraktilitás „ideális” paramétere

ÉRZÉKENY az inotrop státusz változásaira,
de FÜGGETLEN:

- preloadtól
- afterloadtól
- szívfrekvenciától
- szív méretétől

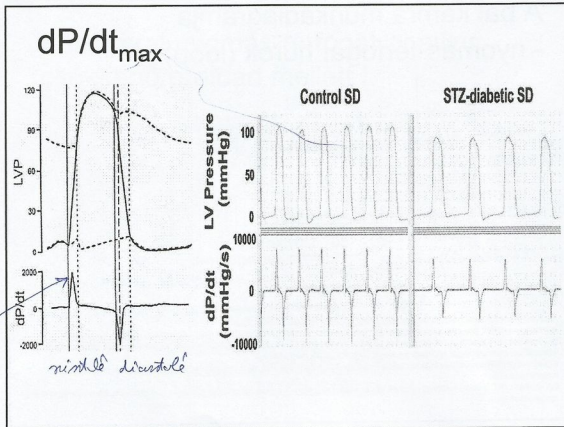
„Hagyományos” kontraktilitás-paraméterek

- Ejekciós frakció (EF)
*diastolát edzés = kevesebb
60-70%-ot pumpál ki (<50% = kevesebb)*
 - Verőterfogat és végdiasztolés térfogat hányadosa
 - Preload és afterload-érzékeny
 - Előnye: non-invazív módon mérhető (echokardiográfia)
- Balkamrai nyomásnövekedés max. sebessége (dP/dt_{\max})
 - direkt nyomásmérés a bal kamrában (invazív mérés)
 - nyomásgörbe idő szerinti deriváltja
 - kontrakció isovolumetriás fázisáról referál
 - afterload független, preload érzékeny

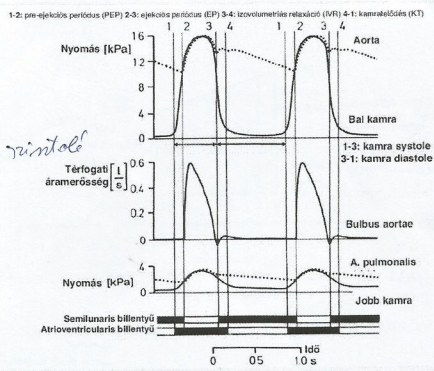
– ezt ezt
használják a
gyógykezelésben

– gyakran nem
vanik ezt figyelembe
vétel tudománya általában nem.

kontraktilitás
gyarapodása:
 $\left. \frac{dP}{dt} \right|_{\max}$



A szív ciklus eseményei



1-2 között:
izovolumetrikus
kontrakció
(állandó a vér
mennyisége a
kamrában)
↓
kammapresszúra
gyarapodása
↓
kezdődik a
kezdőbillentyű

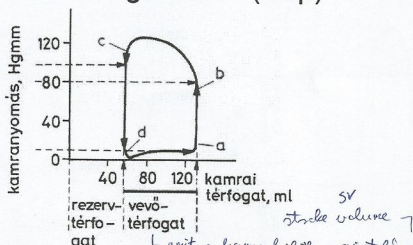
2-3: ejekció
szívizom

3-4: izovolumetrikus relaxáció
↓
vér áramlása
állandó - kevesebb

Le = kezdődik a pitvar billentyű
4-1: kamra telődése

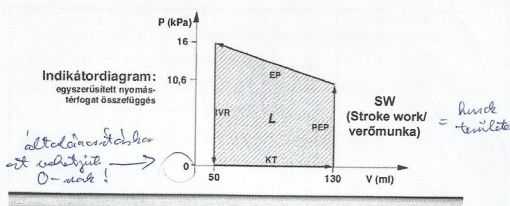
diastole

A bal kamra munkadiagramja - nyomás-térfogat hurok (loop)



A z ABCD pontok által határolt terület (bal kamrai nyomás-térfogat hurok, „loop”).
 AB szakasz (PEP: pre-ejekciós periódus v. izovolumetrisz szisztole) kamratérfogat még változatlan, nyomás emelkedik
 BC szakasz (EP: ejekciós periódus, a vér kilökése a kamrából a csatlakozó nagytérbe a kamrai összehúzódás által) nyomás kb. változatlan, kamratérfogat csökken a kilökött vértérfogatnak megfelelően
 CD szakasz (IVR: izovolumetrisz relaxáció) kamratérfogat nem változik, de a nyomás lecsökken a szívizom relaxációjának megindulása miatt
 DA szakasz (KT: kamrai telődés) nyomás változatlanul alacsony, a kamra relaxációja közben vér áramlik be, kamratérfogat ezért megemelkedik.

A bal kamra által végzett munka



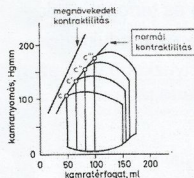
$$L = \overbrace{p \Delta V}^{SW} + \frac{1}{2} m v^2$$

$p \Delta V$ = térfogati munka (statikus komponens)
 $\frac{1}{2} m v^2$ = sebességi munka (dinamikus komponens) - a szívizom sebezhetősége, rugalmassága
 p = nyomás
 ΔV = verőtérfogat (pulzustérfogat)

$$13.3 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}^2 \times 0.08 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 + \frac{1}{2} 0.08 \text{ kg} \times (1 \text{ m/s})^2 = 1.06 \text{ Nm} + 0.04 \text{ Nm} = 1.1 \text{ J}$$

mind az energia
 elhanyagolható
 ↓
 $L = p \cdot \Delta V$

Balkamrai nyomás-térfogat analízis csökkenő preload mellett I.



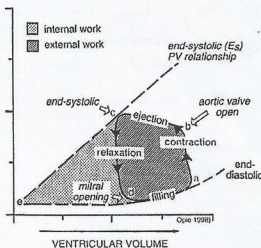
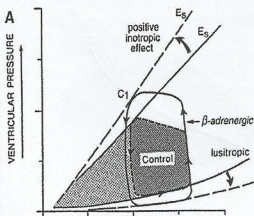
21-24. ábra
A szisztolés végi nyomás-térfogat összefüggés
(ESPVR): a kamrai kontraktilitás vizsgálata

Az ábrán a különböző kamrai diasztolés telődésekhez tartozó térfogat-nyomás hurokokat simították fel; a szisztolés c , c' , c'' és c''' pontokon keresztül húzott egyenes meredeksége (end-systolic volume pressure relationship, ESPVR) jele a kamrai kontraktilitást. Megnövekedett kontraktilitás (pozitív inotrop hatás) esetében az egyenes meredeksége lejtást.

egy egyenesen
helyezkednek el,
párhuzamos a kontraktilitást

1. elmozdít a vérn. csavát
nővekedés elől
közben felvesszük az a
diagramot

Balkamrai nyomás-térfogat analízis csökkenő preload mellett II.



esetén a
diagram nem
kell változ
tudni

2 elektrodával
az elektrolit
oldat konduktan-
ciáját mériük,
ami a vérteljesítmény
arányos

víz elektrolit
vezetőképessége

Balkamrai nyomás-térfogat analízis a gyakorlatban – a konduktancia-katéter

- balkamrai nyomás és térfogat egyidejű mérése kombinált nyomás- és konduktanciamérő katéterrel
- bal kamrában elhelyezkedő vér vezetőképessége => bal kamrai vértérfogat
- Baan-féle egyenlet:

$$\text{Volume} = \frac{1}{\alpha} \rho L^2 (G - G_p)$$

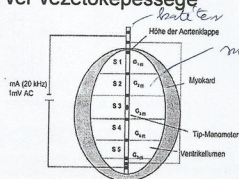
α = korrekciós faktor

ρ = vér fajlagos ellenállása (Ohm·cm)

L = mérőelektrodák távolsága (mm)

G = szegmentális konduktancia (µsiemens (µS))

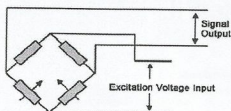
G_p = paralell konduktancia (µS)



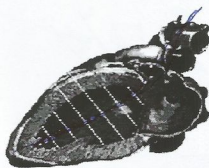
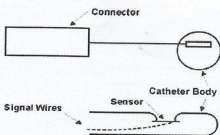
NYOMÁS-TÉRFOGAT MÉRÉS
DIAGRAM

az a dia-
gramm
mérésén

A nyomás-konduktancia katéter



Gauge Resistors

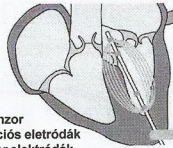


A nyomás-konduktancia katéter

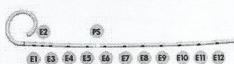
Single segment, single field



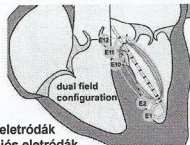
PS = Nyomás szenzor
E1 és E4 = Excitációs elektródák
E2 és E3 = Szenzor elektródák



Multi segment, dual field



PS = Nyomás szenzor
E1 és E12 = Primer excitációs elektródák
E2 és E11 = Szekunder excitációs elektródák
E3-E10 = Szenzor elektródák



ezekben nem
harmadik a
gyógyászati,
de kutatásban
igen
pl. új gyógyszer
→ azaz a működés
nél pontosan megkér-
tározható a
konkrét hatás

A volumenszignál kalibrálása, validálása

$$\text{Volume} = \frac{1}{\alpha} \rho L^2 (G - G_p)$$

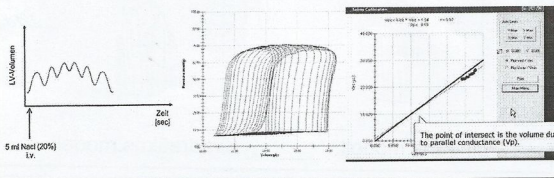
α = korrekciós faktor (UH/áramlásmérés jelével összevetve)

ρ = vér fajlagos ellenállása (spec. Rho-küvvétával mérjük)

L = mérőelektródák távolsága (adott katéter sajátossága)

G = szegmentális konduktancia (ezt mérjük)

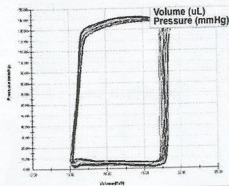
G_p = paralell konduktancia (környező szövetek vezetése)
kiszámítása: hipertóniás sóoldat bolus segítségével



(x)

Nyomás-térfogat analízis - példák

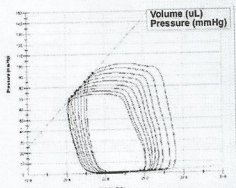
Rat Example Data



Baseline 3

Steady state állapot

Rat Example Data



IVC Occlusion 2

Vena cava okklúzió
(csökkenő preload)

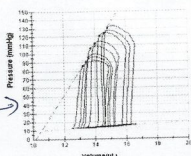
A nyomás-térfogat analízis segítségével számított kontraktilitás-paraméterek

ESPVR (End-Systolic-Pressure-Volume-Relationship)

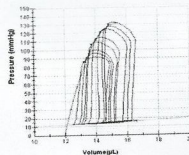
Végzsizistolés nyomás-térfogat összefüggés

-végzsizistolás pontokra fektetett egyenes meredeksége

-pre-és afterload-független érzékeny index



Lineáris modell



Kvadratikus modell

emberben is
megfigatható
állapotban
lineáris

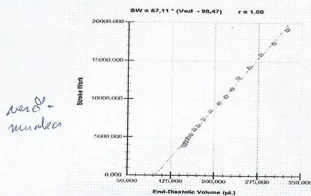
hisz az
állapotban

A nyomás-térfogat analízis segítségével számított kontraktilitás-paraméterek

PRSW (Preload-Recruitable-Stoke-Work)

Verőmunka – végdiasztolés térfogat összefüggés meredeksége

- pre-és afterloadtól és szívfrekvenciától független
- igen érzékeny az inotróp státusz változásaira
- lineáris összefüggést ad szélsőséges körülmények között is



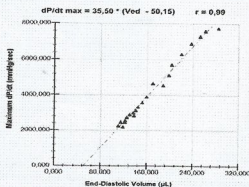
verődiasztolés térfogat

A nyomás-térfogat analízis segítségével számított kontraktilitás-paraméterek

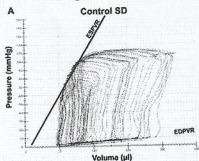
dP/dt_{\max} - EDV

Balkamrai nyomásnövekedés max. sebessége - végdiasztolés térfogat összefüggés meredeksége

- a dP/dt_{\max} preload-érzékenységet kiküszöböli
- érzékeny kontraktilitás-index



A kontraktilitás összehasonlítása egészséges és kóros állapotban

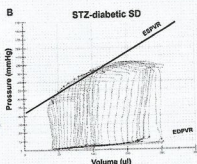


Diabeteses cardiomyopathia patkánymodellben



egészséges szív

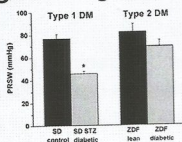
ESPVR



cukorbeteg szív



A kontraktilitás összehasonlítása egészséges és kóros állapotban



Diabeteses cardiomyopathia patkánymodellben

PRSW

