

PATOFYZIOLÓGIA KARDIOVASKULÁRNEHO SYSTÉMU

Teodor Bachleda



KARDIOVASKULÁRNY SYSTÉM

2 systémy radené v sérii za sebou

- ✗ Srdce
- ✗ Cievy
- ✗ Krv
 - + Zásoba tkanív kyslíkom a živinami
 - + Odstraňovanie splodín látkového metabolizmu
 - + Pokrytie metabolických požiadaviek tkanív a membránového transportu

KARDIOVASKULÁRNY SYSTÉM

- ✗ Integrovaná funkcia vzájomných na sebe závislých spätnou väzbou prepojených faktorov
 - + Srdcový výdaj
 - + Preload
 - + Afterload
 - + Kontraktilita
 - + Srdcový rytmus
 - + Diastolická relaxácia

KARDIOVASKULÁRNY SYSTÉM

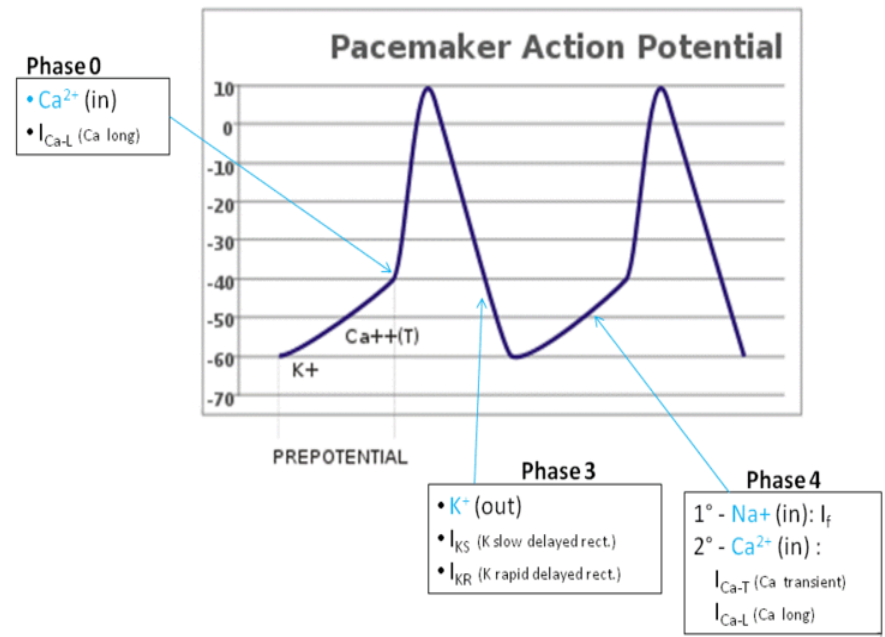
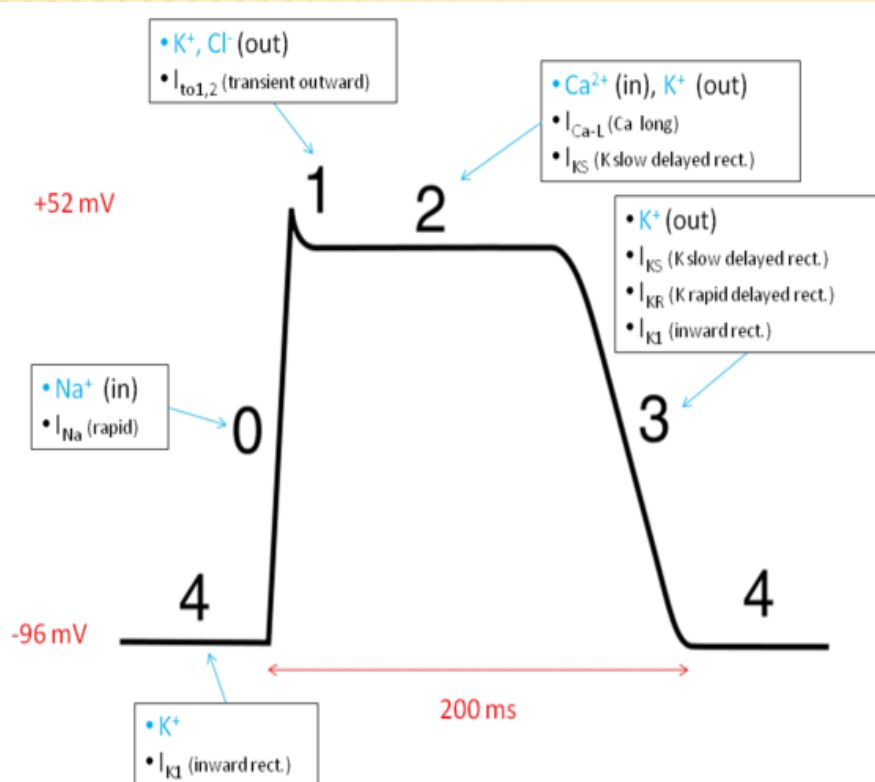
Srdce – limitný faktor u pacientov s KV ochorením

- ✗ *Cirkulačná funkcia srdca* – vzhľadom na celý KVS, srdce, cievy, krv
 - + Hypovolémia → obehové zlyhanie a šok (zdravé srdce aj cievy)
- ✗ *Srdcová funkcia (ako orgán)* - myokard, chlopne, spojovacie a podporné tkanivá.
 - + Chlopňová vada → zlyhanie srdca (myokard intaktný)

SRDCOVÝ CYKLUS

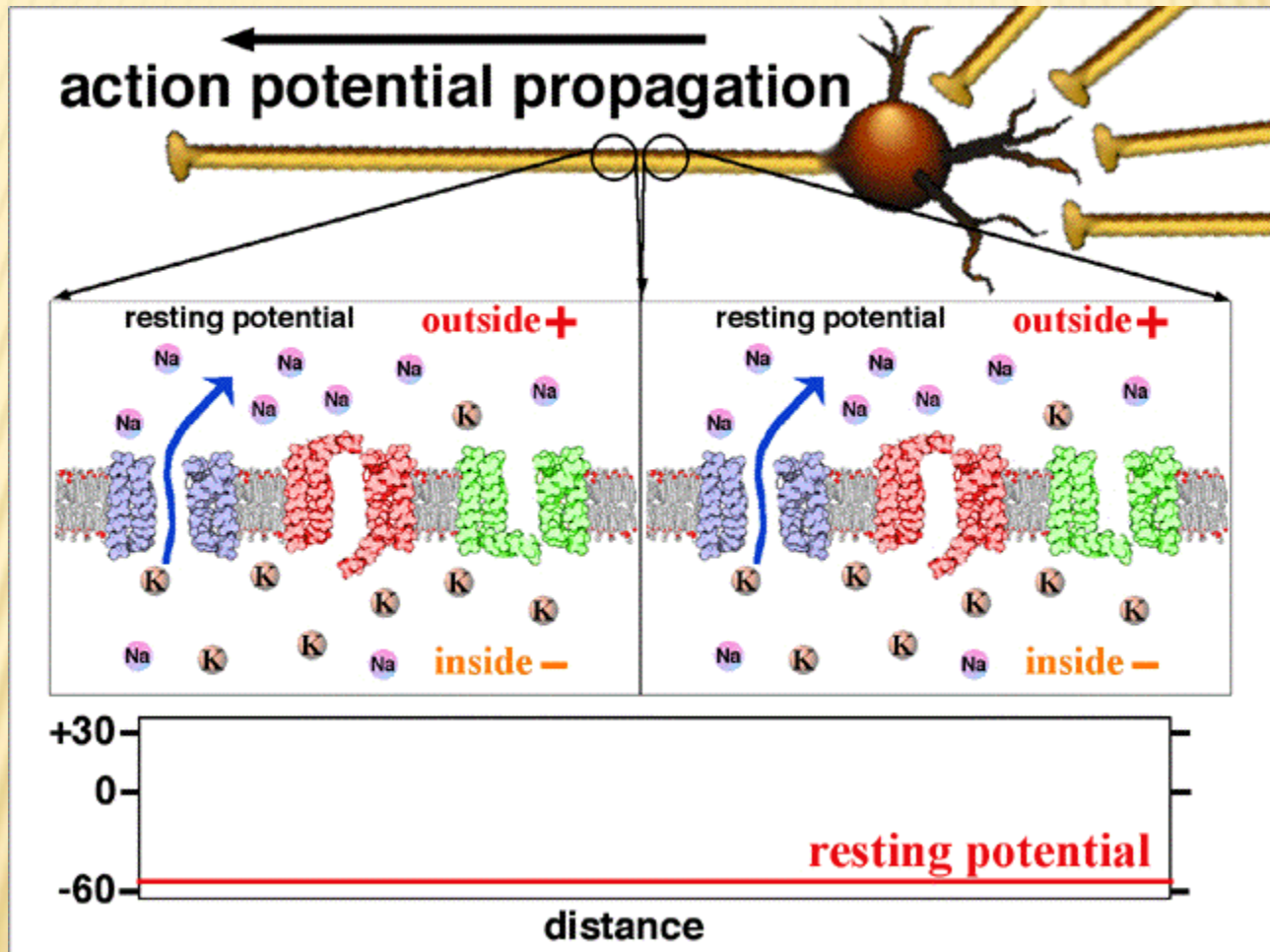
- ✗ Δ elektrickej aktivity
- ✗ Δ membránového potenciálu
- ✗ Δ stavu chlopní
- ✗ Δ anatómie komôr
- ✗ Δ prietoku krvi: *srdce* $\rightarrow$ *periférne riečisko*
- ✗ Δ intrakardiálnych tlakov
- ✗ Δ srdcových objemov

SRDCOVÝ CYKLUS



http://en.wikipedia.org/wiki/Cardiac_action_potential

AKČNÝ POTENCIÁL



http://en.wikiversity.org/wiki/Action_potentials

MNOŽSTVO IÓNOV VSTUPUJÚCICH DO BUNKY PRI TVORBE AKČNÉHO POTENCIÁLU

$$c_m A \frac{dV}{dt} = -I_c$$

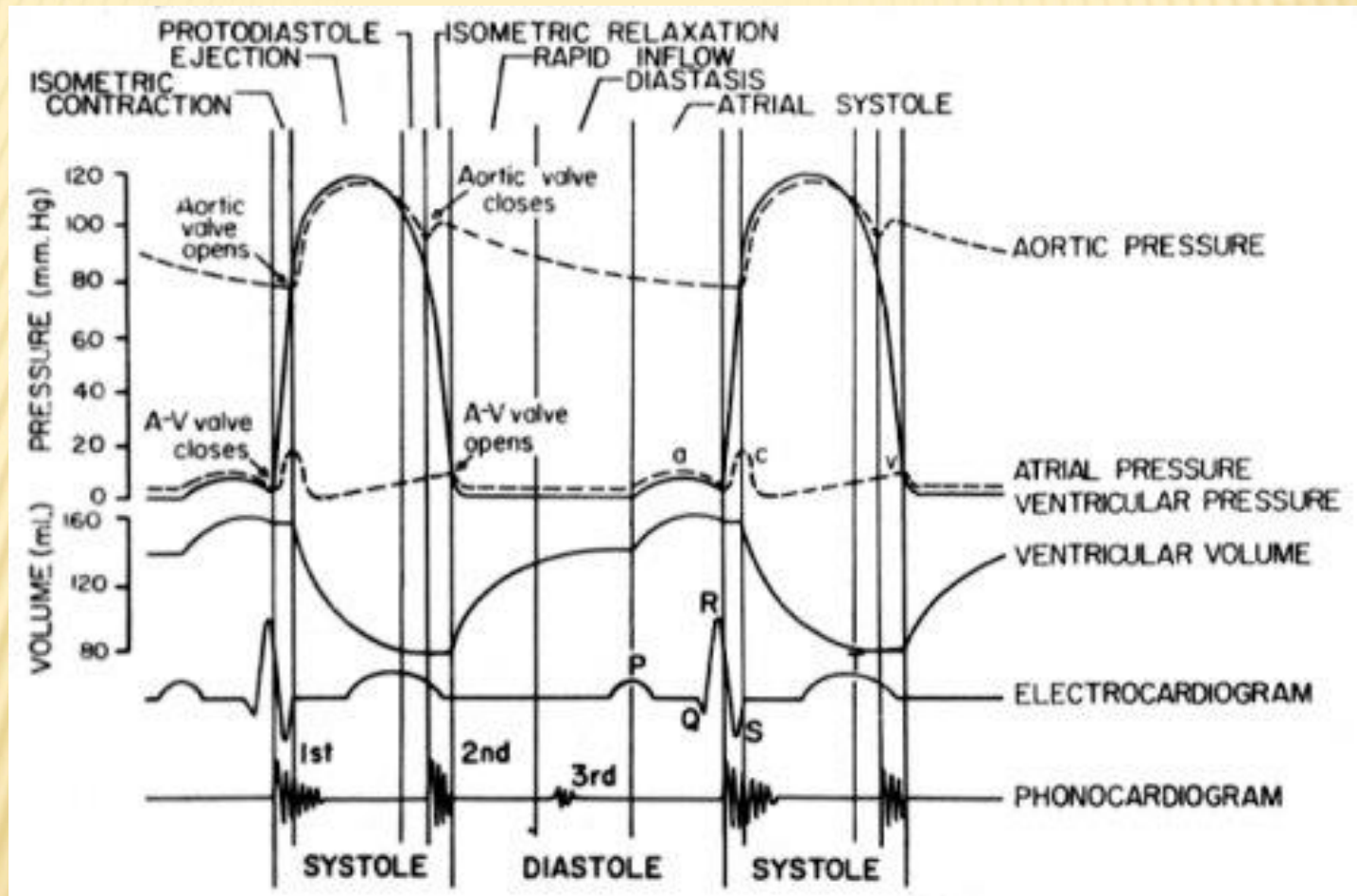
$$I_c = (0.02 \text{ F} \cdot \text{m}^{-2}) (3.3 \times 10^{-9} \text{ m}^2) \frac{0.1 \text{ V}}{0.002 \text{ s}} = 3.3 \times 10^{-9} \text{ C} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$n = (3.3 \times 10^{-9} \text{ C} \cdot \text{s}^{-1}) (0.002 \text{ s}) (6.24 \times 10^{18} e \cdot \text{C}^{-1}) = 4.12 \times 10^7 e$$

$$\Delta[\text{Na}^+]_i = \frac{4.12 \times 10^7 e}{(6.022 \times 10^{23} e \cdot \text{mol}^{-1}) (7.85 \times 10^{-12} \text{ L})} = 8.71 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

- dV : 100 mV
- dt : 2 ms
- c_m : 0.01 až 0.02 farads $\cdot$ m⁻²,
- invaginácia T tubulov.
- A : veľkosť povrchu bunkovej membrány
- Dĺžka L : 100 μ m
- Polomer r : 5 μ m
- Plocha, A : 3.3 : E m²
- Objem, V : 7.85 : E liter

SRDCOVÝ CYKLUS

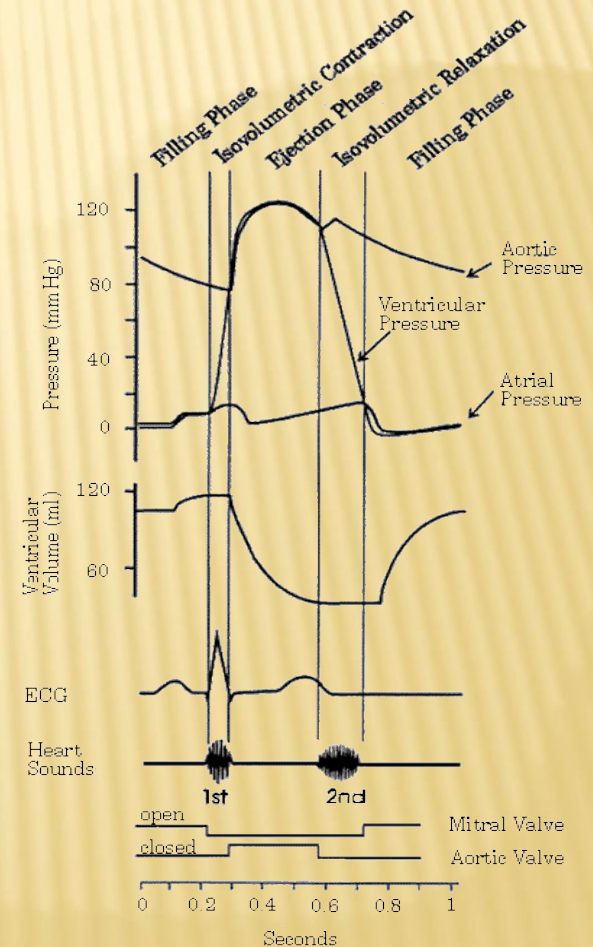


<http://www.ctsnet.org/doc/4779>

SRDCOVÝ CYKLUS

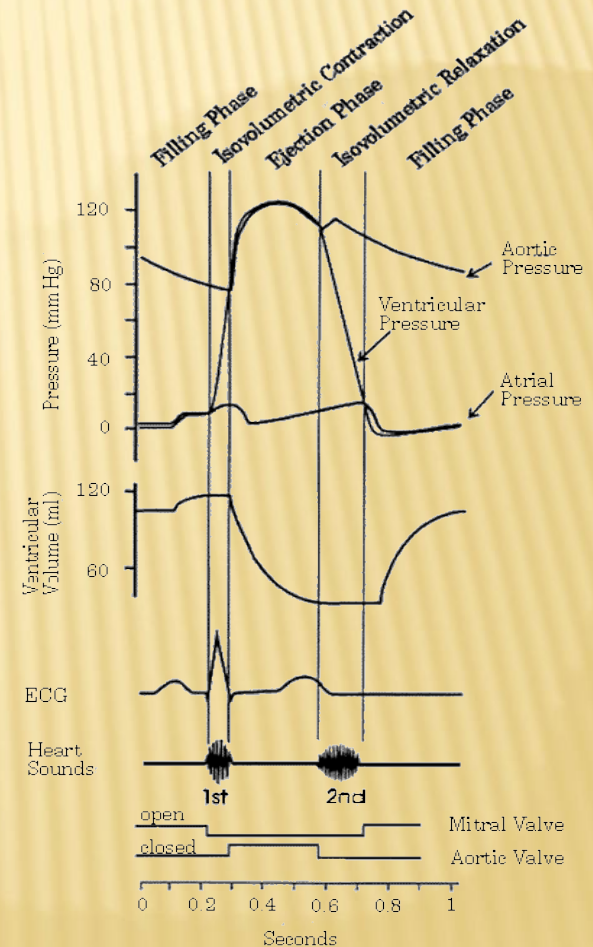
FÁZA IZOVOLUMETRICKEJ KONTRAKCIE

- ✗ Skrátenie myofibríl po depolarizácii komôr (QRS komplex)
- ✗ $\uparrow P$ komôr $> P$ predsiení $\rightarrow$ zatvorenie AV chlopní
- ✗ Δ tvaru komôr bez Δ objemu = $\uparrow P$
- ✗ *Frankov zákon*
- ✗ Ekvivalent vzťahu P-V je L-T vzťah, pričom $P = T/r$ (*Laplaceov zákon*)
 - + P – vyvinutý tlak, T – tenzia steny, r – polomer



SRDCOVÝ CYKLUS EJEKČNÁ FÁZA

- ✗ $P_{\text{komôr}} > P_{\text{Ao/PA}}$ spôsobí otv. semilun.chlopní a ejekciu
- ✗ $\downarrow V_{\text{komôr}}$ a iniciálny $\uparrow P$ vystrieda $\downarrow P$ (dikrotický zárez)
- ✗ Fáza končí $P_{\text{komôr}} = P_{\text{Ao/PA}}$ a zatvorením semilunárnych chlopní
- ✗ Najmenší objem komory ESV
- ✗ *Starlingov zákon* – pri konšt. P v Ao sa SV mení v závislosti od EDV



SRDCOVÝ CYKLUS EJEKČNÁ FÁZA

Stroke volume – SV (ml)

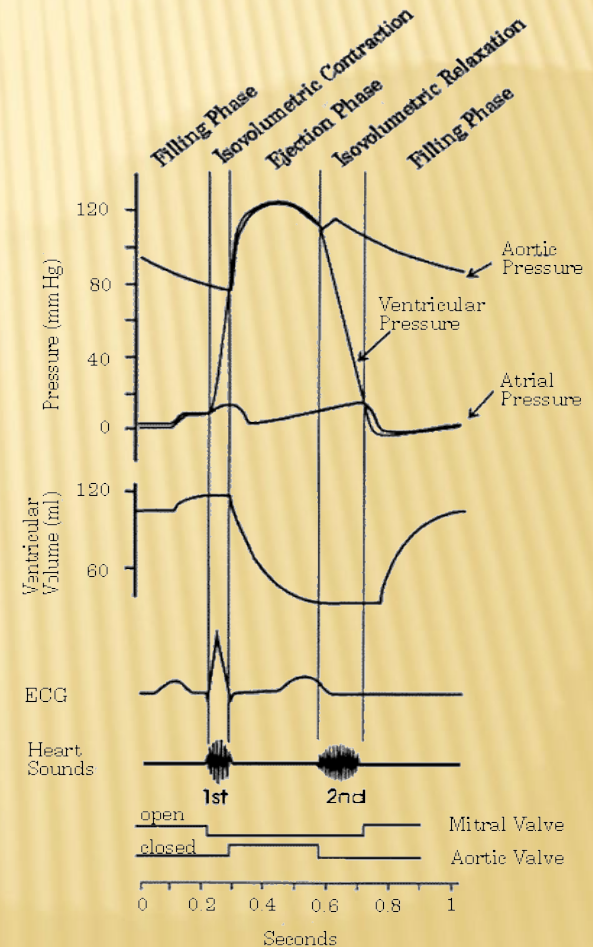
✗ Nielen L-T vzťah, ale aj interakcia
rýchlosť–sila–dĺžka svalu

✗ Klinicky: $EDV - ESV = SV$

$$EF = (EDV - ESV) / EDV$$

$$EF = SV / EDV$$

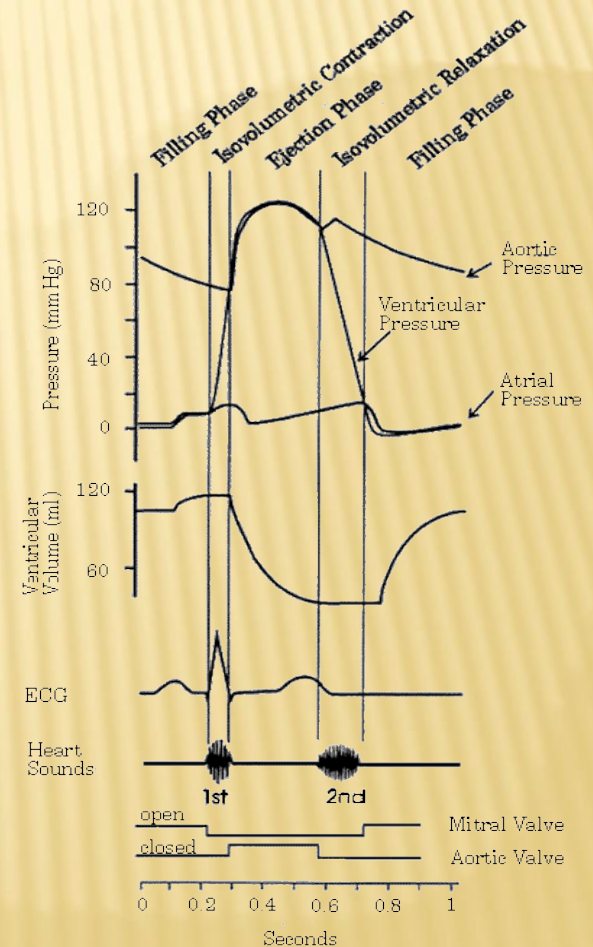
Priama vizualizácia EF: TEE



SRDCOVÝ CYKLUS

FÁZA IZOVOLUMETRICKEJ RELAXÁCIE

- ✗ Energeticky závislý proces po uzavretí semilunárných chlopní
- ✗ $\downarrow P$ komôr bez ΔV
- ✗ Popredie záujmu výskumu v posledných rokoch súvisiaci s pokrokom vývoja srdcových zobrazovacích metód, najmä TEE

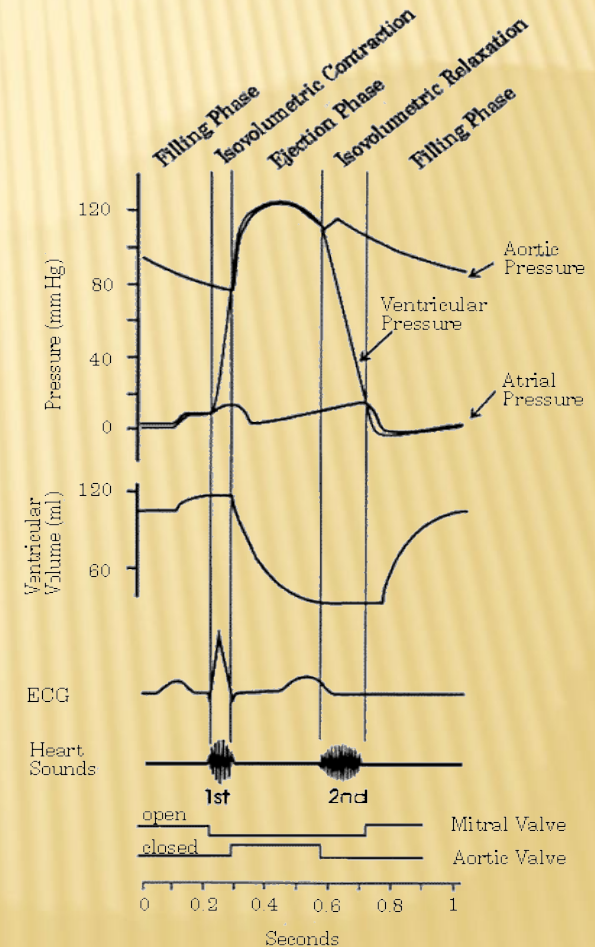


SRDCOVÝ CYKLUS PLNIACA FÁZA

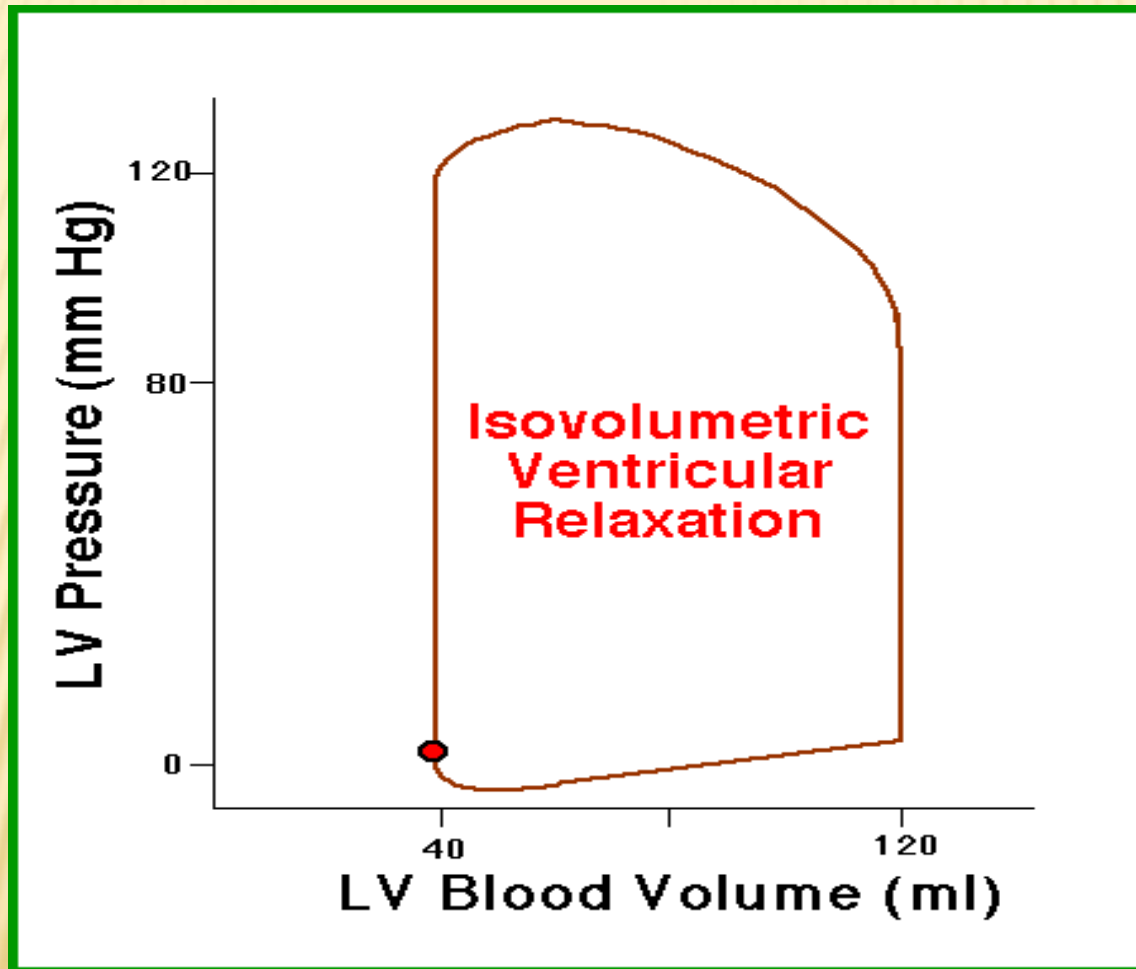
- ✗ Relaxácia - ↓ P komôr
- ✗ Súčasné plnenie predsiení z Vv.cavae (RA) a Vv.pulmonales (LA)
- ✗ ↑ P a V v predsieňach > P komôr, otv. AV chlopní (*zlomový bod*)

Fáza rýchleho plnenia – gradient

Fáza pomalého plnenia – atriálna kontrakcia



SRDCOVÝ CYKLUS



DIASTOLICKÁ FUNKCIA

- ✗ Najdôležitejší bod záujmu srdcovej fyziológie posledných rokov
- ✗ 40 - 50% pacientov s kongestívnym zlyhaním pri dobrej funkcii komôr (EF)
- ✗ Zavedenie TEE – real-time EF, plniace tlaky, gradienty, rýchlosť toku, relaxácie

Diastolická dysfunkcia – zvýšený odpor komorového plnenia pre štruktúrne a funkčné príčiny kongestívneho zlyhania

- ✗ Zlyhanie RV - ↓ diastolickú dysfunkciu LV zvýšením plniacich tlakov (↓ relaxácie myokardu a rozťažnosti)

DIASTOLICKÁ FUNKCIA

DETERMINANTY DIASTOLICKEJ ROZŽAŽNOSTI

- ✗ Vonkajšie faktory
 - + Perikard
 - + RV (pravá komora)
 - + Intrapleurálne a mediastinálne tlaky
 - + Objem koronárneho riečiska
- ✗ Fyzikálne vlastnosti LV
 - + Geometria komory
 - ✗ Objem komory
 - ✗ Hrúbka komory
 - + Zloženie steny komory (amyloid, jazvy)
- ✗ Relaxácia myokardu

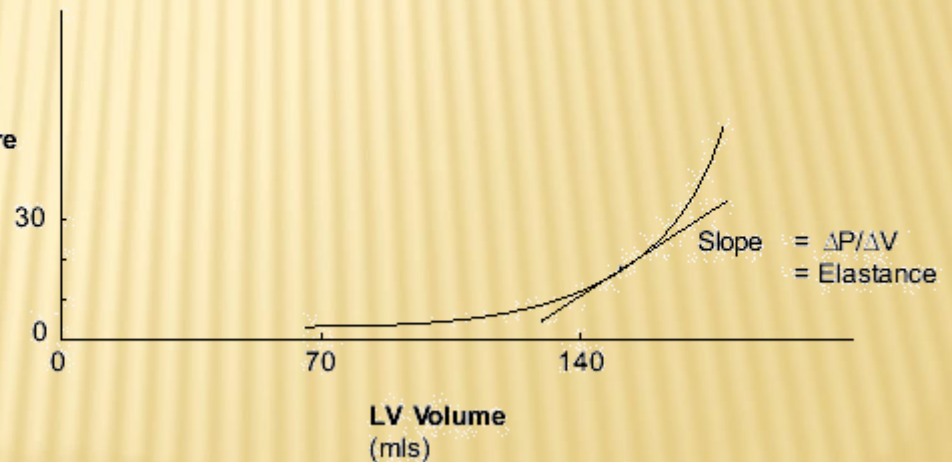
DIASTOLICKÁ FUNKCIA

Determinanty:

- ✗ Relaxácia myokardu
- ✗ Pasívne komorové plnenie
- ✗ Atriálna kontrakcia

Elastance ľavej komory
Vzťah P/V v LV nie je lineárny,
elastance sa zvyšuje s LV objemom.
Koniec diastoly – EDV určuje aj preload

LV Pressure
(mmHg)



DIASTOLICKÁ FUNKCIA RELAXÁCIA MYOKARDU

× Zmeny v náplni

- + Vnútorne obnovovacie sily (myofibrily)
- + Vonkajšie obnovovacie sily (zdravé srdce)
 - × Množstvo / Geometria náplne – P/V vzťah
- + Hemodynamická náplň (KVS)
 - × Arteriálna impedancia
 - × Prenos tlakovej vlny v koronárnej cirkulácii
 - × Laplaceov zákon počas fázy rýchleho plnenia, perikard, hemodynamika RV

× Inaktivácia aktíno-myozínových spojení

× Priestorová a časová nejednotnosť

DIASTOLICKÁ FUNKCIA RELAXÁCIA MYOKARDU

- ✗ Zmeny v náplni
- ✗ **Inaktivácia aktíno-myozínových spojení**
 - + Metabolická kontrola: koronárna cirkulácia
 - + Neurohumorálna kontrola: katecholamíny ↑
 - + Lieky:
 - inhibítory PDE ↑
 - digoxín ↓
 - kalcium 0
 - betablokátory ↓
 - zvýšenie srdcovej frekvencie ↑
 - postupné zvýšenie preloadu 0
 - nástup ischémie ↓
- ✗ Priestorová a časová nejednotnosť

DIASTOLICKÁ FUNKCIA RELAXÁCIA MYOKARDU

- ✗ Zmeny v náplni
- ✗ Inaktivácia aktíno-myozínových spojení
- ✗ **Priestorová a časová nejednotnosť**
 - + Nejednotnosť v distribúcii priestorového a časového rozloženia síl a zmeny náplne, nejednotná distribúcia inaktivácie spojení myofibríl

DIASTOLICKÁ FUNKCIA RELAXÁCIA MYOKARDU

- ✗ 1. krok vo fyziológii diastoly
- ✗ Začiatok - predchádzajúca systolická kontrakcia, priama závislosť so systolickými silami
- ✗ Kľúčová v kvantifikácii a dĺžke včasného komorového plnenia
- ✗ Energetický závislý proces (so spotrebou ATP) pri transporte kalciových iónov z buniek do sarkoplazmatického retikula
- ✗ Kontrola
 - + množstvo regulačných proteínov
 - + početné klinické faktory

Porucha v relaxácii - overload kalciovými iónmi, zvlášť pri vyššej frekvencii stimulácie srdca (diastolická dysfunkcia pri použití pacemakrov nastavených na vysoké frekvencie)

DIASTOLICKÁ FUNKCIA RELAXÁCIA MYOKARDU

- ✗ Kľúčový determinant izovolumetricke relaxácie je vrchol negatívneho poklesu tlaku v komore (*peak negative pressure drop*) počas relaxácie
 - + Priamo merateľný mikromanometrickým transducerom v laboratórnych podmienkach

- ✗ Klinicky: vrcholový negatívny myokardiálny rýchlostný gradient (*peak negative myocardial velocity gradient*)
 - neinvazívny index diastolickej funkcie
 - + Merateľný tkanivovým Dopplerom

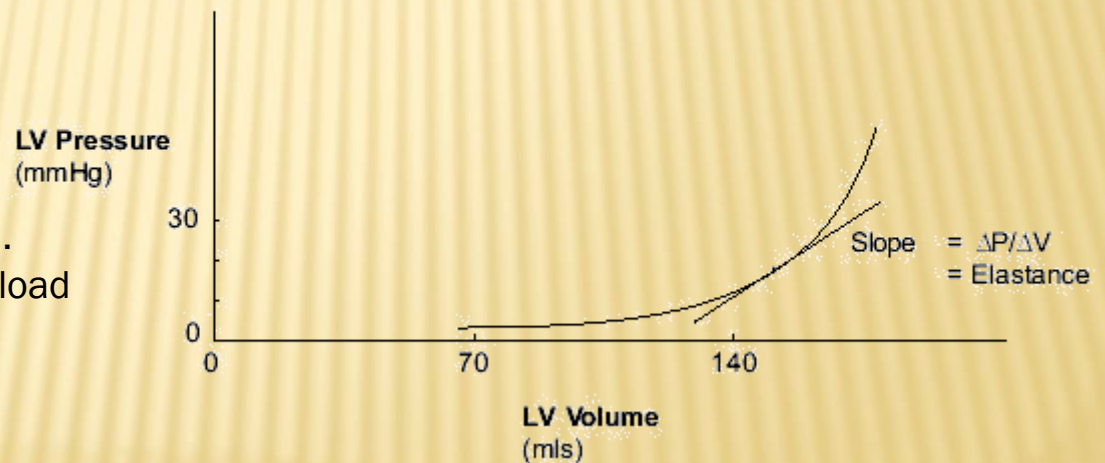
DIASTOLICKÁ FUNKCIA

Determinanty:

- ✗ Relaxácia myokardu
- ✗ Pasívne komorové plnenie
- ✗ Atriálna kontrakcia

Elastance ľavej komory
Vzťah P/V v LV nie je lineárny,
elastance sa zvyšuje s LV objemom.
Koniec diastoly – EDV určuje aj preload

LV Pressure-Volume Relationship during Diastole



DIASTOLICKÁ FUNKCIA PASÍVNE KOMOROVÉ PLNENIE

- ✗ Otvorenie mitrálnej chlopne (MV) a vtok po vytvorení tlakovom gradiente $LA \rightarrow LV$
- ✗ Spomalenie toku po vyrovnaní tlakového gradientu
- ✗ Diastáza - perióda so zastaveným tokom cez chlopňu po ukončení pasívneho plnenia pred nástupom atriálnej systoly

DIASTOLICKÁ FUNKCIA PASÍVNE KOMOROVÉ PLNENIE

- ✗ Determinanty toku cez MV
 - + tuhosť ľavej komory (stiffness)
 - + rýchlosť poklesu transmitrálneho gradientu ($\Delta P/\Delta t$)
 - + spätný odraz (*recoil*)
 - + komorové diastolické nasávanie
 - + perikardiálne limitácia (*constraints*)

Vnútrokomorový gradient (spôsobený relaxáciou) priamo koreluje s plnením a následnou systolickou funkciou

AP, ICHS a HOCM – zhoršuje

CABG, lieky - zlepšuje

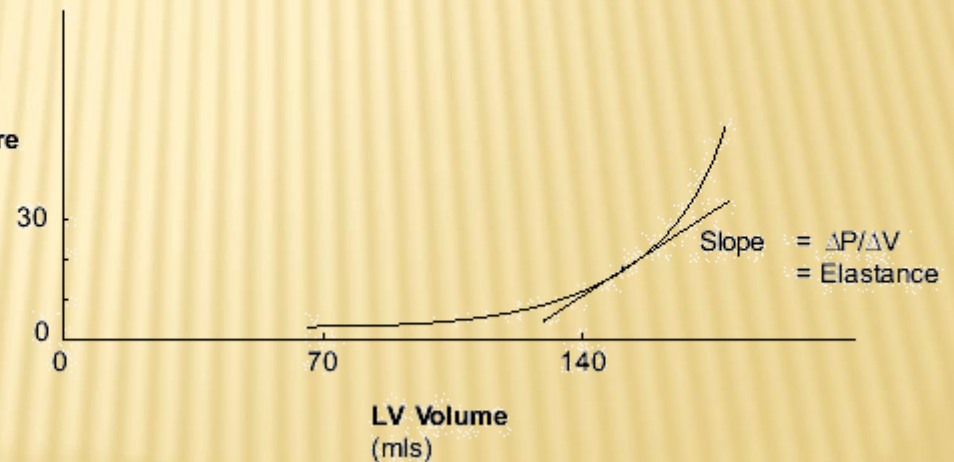
DIASTOLICKÁ FUNKCIA

Determinanty:

- ✗ Relaxácia myokardu
- ✗ Pasívne komorové plnenie
- ✗ Atriálna kontrakcia

Elastance ľavej komory
Vzťah P/V v LV nie je lineárny,
elastance sa zvyšuje s LV objemom.
Koniec diastoly – EDV určuje aj preload

LV Pressure
(mmHg)



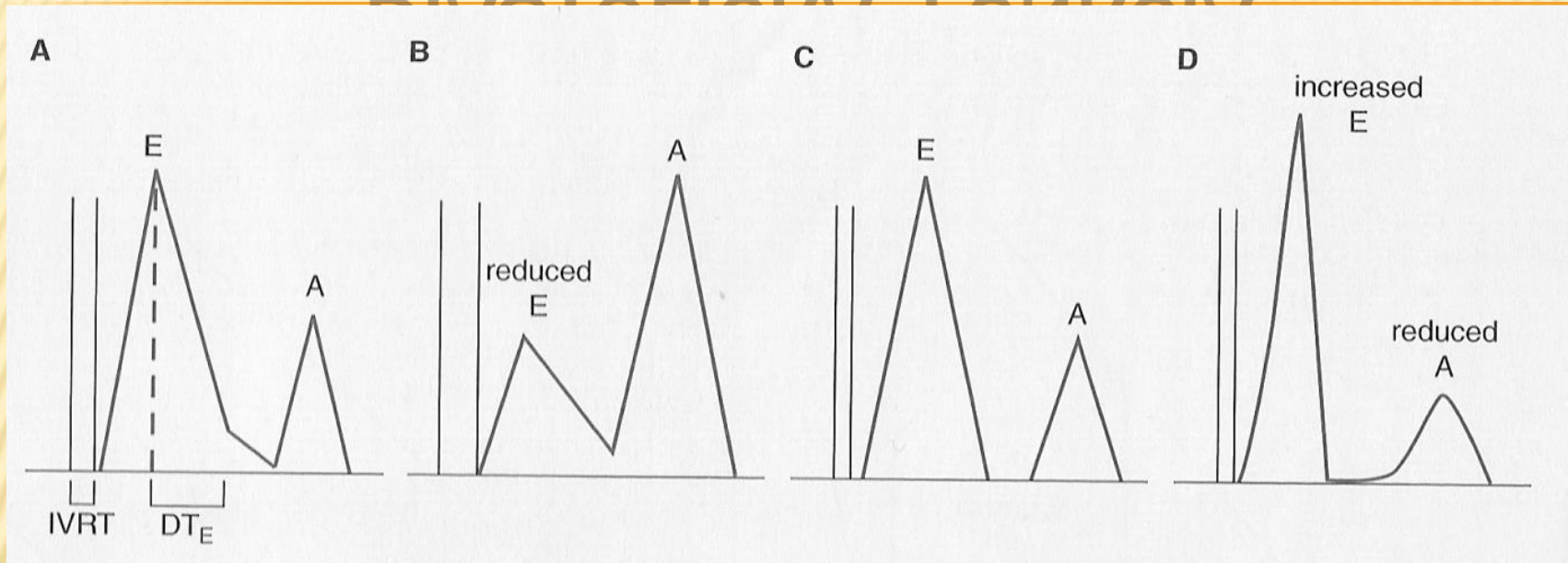
DIASTOLICKÁ FUNKCIA ATRIÁLNA KONTRAKCIA

- ✗ Na konci diastoly, tesne pred uzatvorením AV chlopní po dosiahnutí diastázy (75 % množstva krvi vtečie počas pasívneho plnenia v diastole)
- ✗ V prítomnosti ťažkej diastolickej dysfunkcie → zmena pomeru a atriálna kontrakcia sa stáva esenciálnou na udržanie SV a dostatočného srdcového výdaja
- ✗ Kompenzuje zníženú komorovú poddajnosť (a zvýšenie LVEDP) a plnenie LV je spočiatku udržané
- ✗ Prekročenie kompenzačnej kapacity ($\uparrow P$ komôr) → dilatácia predsiení
- ✗ Strata sínusového rytmu (napr. MR) – rýchly nástup CHF (Th: KV, príp. sekvenčný pacing)

DIASTOLICKÁ FUNKCIA

- ✗ Diagnostika, meranie a kvantifikácia na základe analýzy echokardiografických stôp, resp. kriviek
 - + Transmitrálny pulzný Doppler
 - + 2-D Doppler pľúcnych vén
 - + Farebný M-Modus Doppler

DIASTOLICKÁ FUNKCIA



	Normálna	Narušená relaxácia	Pseudo-normalizácia	Reštrikcia
IVRT	70 – 90 msec	> 100 msec	70 – 90 msec	< 90 msec
E/A	0,8 – 1,2	< 0,8	0,8 – 1,2	> 1,2
DT _E	150 – 300 msec	> 250 msec	150 – 300 msec	< 150 msec

ISCHÉMIA MYOKARDU

- ✗ **Porucha diastolickej relaxácie**
- ✗ **Známky ischémie na EKG**
 1. Inverzia T vlny
 2. Depresia ST segmentu
 3. Elevácia ST segmentu → Pardeeho vlna
 4. Vytvorenie QT vlny
- ✗ **Pozitivita kardiošpecifických enzýmov (CK, CK-MB, Troponin I, Troponin T, Myoglobín) – aj pri NSTEMI**

DIASTOLICKÉ ZLYHANIE SRDCA

- ✗ MS alebo TS
- ✗ Konstriktívna perikarditída
- ✗ Reštriktívna kardiomyopatia (amyloidóza, fibróza)
- ✗ Obliteratívna CMP
- ✗ ICHS
- ✗ Pľúcny edém, dyspnoická angína
- ✗ Zhoršená relaxácia myokardu
- ✗ Hypertrofia srdca (HOCMP, AS, chronická HT)
- ✗ Objemové preťaženie (AR, MR)
- ✗ Dilatačná CMP

SYSTOLICKÁ FUNKCIA

- ✗ Perióda medzi uzavretím MV a začiatkom ejekcie krvi zo srdca
- ✗ Vývrh krvi do riečiska po vygenerovanom tlakovom gradiente
- ✗ Určenie terapeutického outcome u pacientov
- ✗ Zavedenie TEE zlepšilo hodnotenie systolickej funkcie srdca (v KCH) a prispelo ku zoptimalizovaniu real-time liečby a zlepšeniu outcome u pacientov
- ✗ Každodenná súčasť výbavy anestéziológov na sále a jednotke intenzívnej starostlivosti

SYSTOLICKÁ FUNKCIA

✕ Hlavné determinanty

- + Srdcový výdaj
- + Preload
- + Afterload
- + Kontraktilita
- + Srdcový rytmus

SYSTOLICKÁ FUNKCIA SRDCOVÝ VÝDAJ (CO)

- ✗ Množstvo krvi, ktoré vtečie do cirkulácie / 1 min
- ✗ CO odzrkadľuje podmienky v srdci, ale aj v celom KVS
- ✗ Subjekt autoregulácie na úrovni ciev a tkanív
- ✗ Veľmi variabilný a v situáciách zvýšených metabolických nárokov sa môže zvýšiť až na 25 až 30 L/min
- ✗ Výpočet CO zahŕňa hlavné determinanty
 - ✗ srdcovú frekvenciu (HR)
 - ✗ vývrhový objem (SV)

$$CO = HR \times SV \quad (5 - 6 \text{ L/min})$$

SYSTOLICKÁ FUNKCIA SRDCOVÝ INDEX (CI)

- ✗ Indexovaná hodnota srdcového výdaja (CI) vypočítaná na povrch tela

$$CI = (SV \times HR) / BSA \quad (L/min/m^2)$$

$$CI = CO / BSA \quad (2,5 - 4,0 L/min/m^2)$$

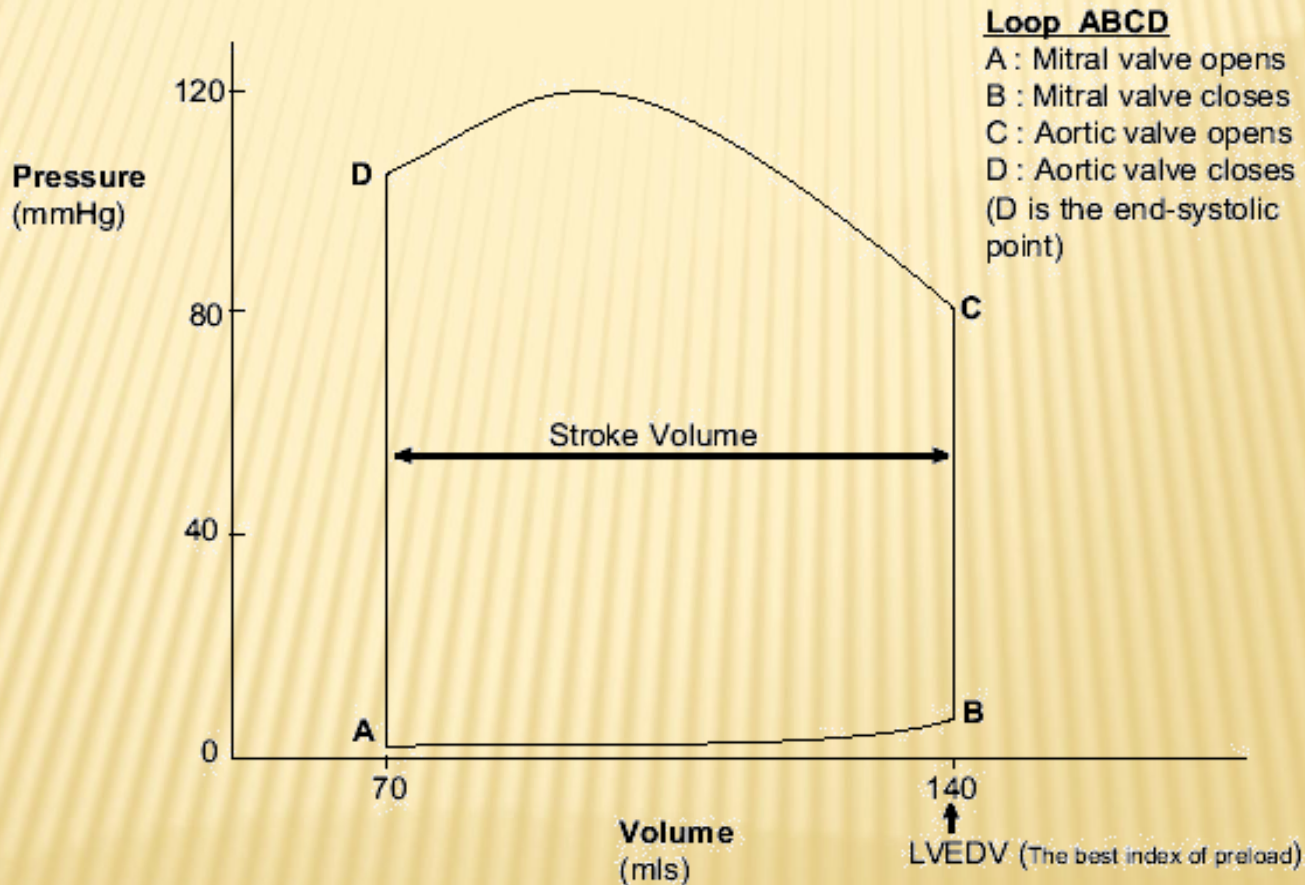
SYSTOLICKÁ FUNKCIA VÝVRHOVÝ OBJEM (SV)

- ✗ *Stroke volume* - množstvo krvi vyvrhnuté do obehu jednotlivou komorovou kontrakciou
- ✗ Hlavné determinanty SV
 - ✗ predťaženie (preload)
 - ✗ doťaženie (afterload)
 - ✗ kontraktilita
- ✗ Na tlakovo-objemovej krivke je SV rozdiel medzi EDV a ESV

$$SV = EDV - ESV \quad (60 - 90 \text{ ml})$$

SYSTOLICKÁ FUNKCIA SRDCOVÝ VÝDAJ (CO)

Pressure-Volume Loop for Left Ventricle



SYSTOLICKÁ FUNKCIA PRELOAD

Preload = napätie steny komory na konci diastoly

- ✗ Definovaný komorovým EDV, EDP a hrúbkou steny, ktorých interakcia je vyjadrená Laplaceovým zákonom
- ✗ Determinanty preloadu
 - ✗ celkový objem krvi
 - ✗ poloha tela
 - ✗ intraperikardiálny tlak
 - ✗ venózny tonus
 - ✗ pumpovacia schopnosť kostrového svalstva
 - ✗ podiel atriálnej kontrakcie na plnení komory

SYSTOLICKÁ FUNKCIA PRELOAD

- ✗ Celkový objem krvi (TBV) je 70 až 75 ml/kg
 - ✗ hrudný (15 %)
 - ✗ mimohrudný kompartment (85 %)
 - ✗ vény (70 %) - kapacitné riečisko dokážu uskladniť až 20 x väčší V krvi ako artérie. Zmeny v celkovom objeme krvi preto viac zasahujú venózný objem
 - ✗ artérie (10 %)
 - ✗ kapiláry (5 %).

Poddajnosť (compliance) je definovaná ako podiel zmeny objemu (dV) a zmeny v tlaku (dP). Venózný tlak môže byť zvýšený infúziou tekutín do venózneho rezervoára alebo poklesom venózne compliance

SYSTOLICKÁ FUNKCIA PRELOAD

Venomotorický tonus

- ✗ riadený lokálnymi, regionálnymi a centrálnymi autonómnymi nervovými mechanizmami a farmakologickou intervenciou prostredníctvom ovplyvnenia muskulatúry cievnej steny
- ✗ Nervové mechanizmy ovplyvňujú venózny tonus počas svalovej námahy, strachu a značnej hypotenzie
- ✗ Najčastejšie klinické príčiny zmeny preloadu - ↓ alebo ↑ TBV
- ✗ ΔP periféria-srdce (RA) zodpovedný za návrat krvi ku pravému srdcu a plnenie RV počas diastoly, kým RVEDV je dosiahnutý na konci diastoly.

SYSTOLICKÁ FUNKCIA PRELOAD

- ✗ Pľúcne riečisko - venózny systém s $\uparrow$ compliance a $\downarrow$ P
- ✗ Pľúcny tlak tvorí
 - ✗ pľúcny prietok
 - ✗ odpor vtoku do LA (napr. atriálne tumory, mitrálna chlopňová vada, dysfunkcia LV so zvýšením LVEDP)
- ✗ $\uparrow$ HR $\rightarrow$ $\downarrow$ trvanie diastoly $\rightarrow$ $\downarrow$ preload
- ✗ Synchronizovaná atriálna kontrakcia $\rightarrow$ $\uparrow$ preload
- ✗ Nodálny rytmus $\rightarrow$ $\downarrow$ TK a $\downarrow$ CO o 30 %

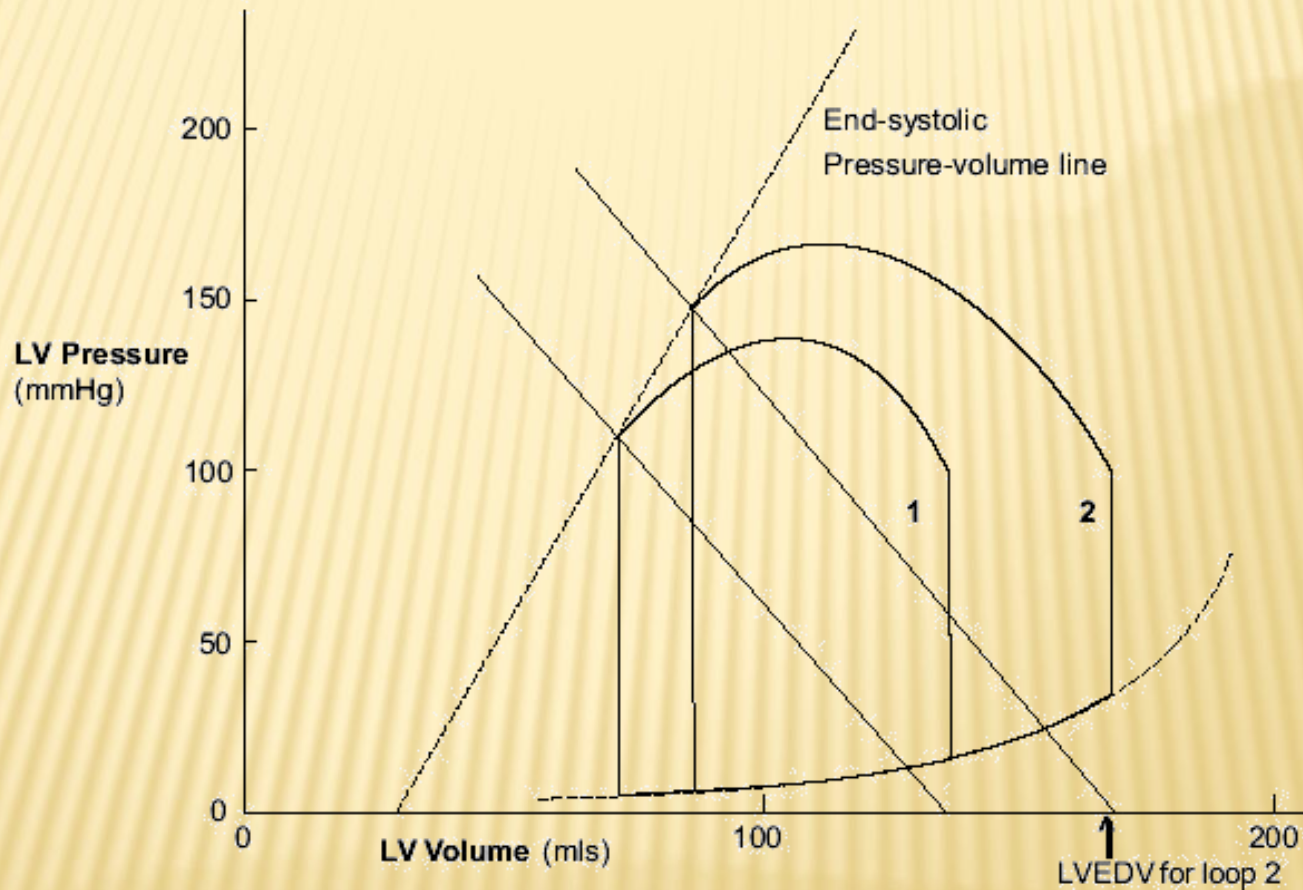
SYSTOLICKÁ FUNKCIA PRELOAD

× Meranie LVEDP

- × Invazívne - chirurgické zavedenie katétra do LA počas KCH oper.
- × Neinvazívne
 - × Echokardiografia, ventrikulografia, rádionuklidový scan
 - × Swan-Ganz katéter - tlak v pľúcnom zaklínení (PCWP, PAOP) - relatívne dobrý odhad LVEDP (chyba 10 – 15 %)
 - × Odchýlky pri ↑ tlaku v dýchacích cestách, ↑ PEEP pri mechanickej ventilácii
 - × Najhorší odhad LVEDP - meranie centrálného venózneho tlaku (CVP),
 - × CVP je dobrým ukazovateľom preloadu RV. Relatívne presne odzrkadľuje RVEDV vo všetkých prípadoch okrem zmeny pravokomorovej poddajnosti v zriedkavých prípadoch ako je infarkt RV

SYSTOLICKÁ FUNKCIA PRELOAD

Effect of Increased Preload on LV Pressure-Volume Loop



Pacient č.2 - ↑ preload aj ↑ LVEDV

SYSTOLICKÁ FUNKCIA AFTERLOAD

2. veľký determinant mechanických vlastností myofibríl srdcového svalu intaktného srdca

× Afterload

- + napätie, ktoré pôsobí na stenu komory počas systoly
- + arteriálny odpor (impedancia) pôsobiaci proti ejekcii vývrhového objemu

× Determinanty

- × napätie steny
- × odpor (impedancia)
- × efektívna elasticita artérií
- × systolický intraventrikulárny tlak
- × systémová a pľúcna cievna rezistencia

SYSTOLICKÁ FUNKCIA AFTERLOAD – NAPÄTIE STENY

✖ môžeme kvantifikovať Laplaceovou rovnicou:

$$\text{Tlak stený} = P \times R / 2 H$$

- + P - tlak krvi LV generovaný počas systoly
- + R – priemer LV
- + H - hrúbka stený LV

SYSTOLICKÁ FUNKCIA AFTERLOAD – IMPEDANCIA

- ✗ Vyjadrená cirkulačným analógom Ohmovho zákona:

$$Q = P / R \quad \text{alebo} \quad P = Q \times R$$

- + Tlak (P) vytvorený komorou je priamoúmerný prietoku (Q) a odporu (R), ktorý prietok prekonáva.
- + Tento odpor (impedancia) je podmienený rezistencou arteriol – systémovou cievnu rezistenciou (SVR)

SYSTOLICKÁ FUNKCIA

AFTERLOAD – CIEVNA REZISTENCIA

- ✗ *Systémová cievna rezistencia (SVR) – odpor arteriol na periférii toku krvi*

$$SVR = (MAP - CVP) / CO \quad (1.200-1.500 \text{ dyn.cm.s}^{-1})$$

✗ Vzťah medzi CO a SVR je teda nepriamoúmerný

- ✗ *Analogicky: pľúcna cievna rezistencia (PVR) odpor pľúcnych arteriol toku krvi*

$$PVR = (PCWP - LAP) / CO \quad (100 - 300 \text{ dyn.cm.s}^{-1})$$

SYSTOLICKÁ FUNKCIA AFTERLOAD – ELASTICITA ARTÉRIÍ

- ✗ Efektívna elasticita artérií popisuje afterload ako mechanickú charakteristiku cievneho systému.
- ✗ Každý bolus krvi, resp. SV vyvrhnutý do obehu vytvorí určitý tlak
 - čím väčší je SV → tým väčší je tlak

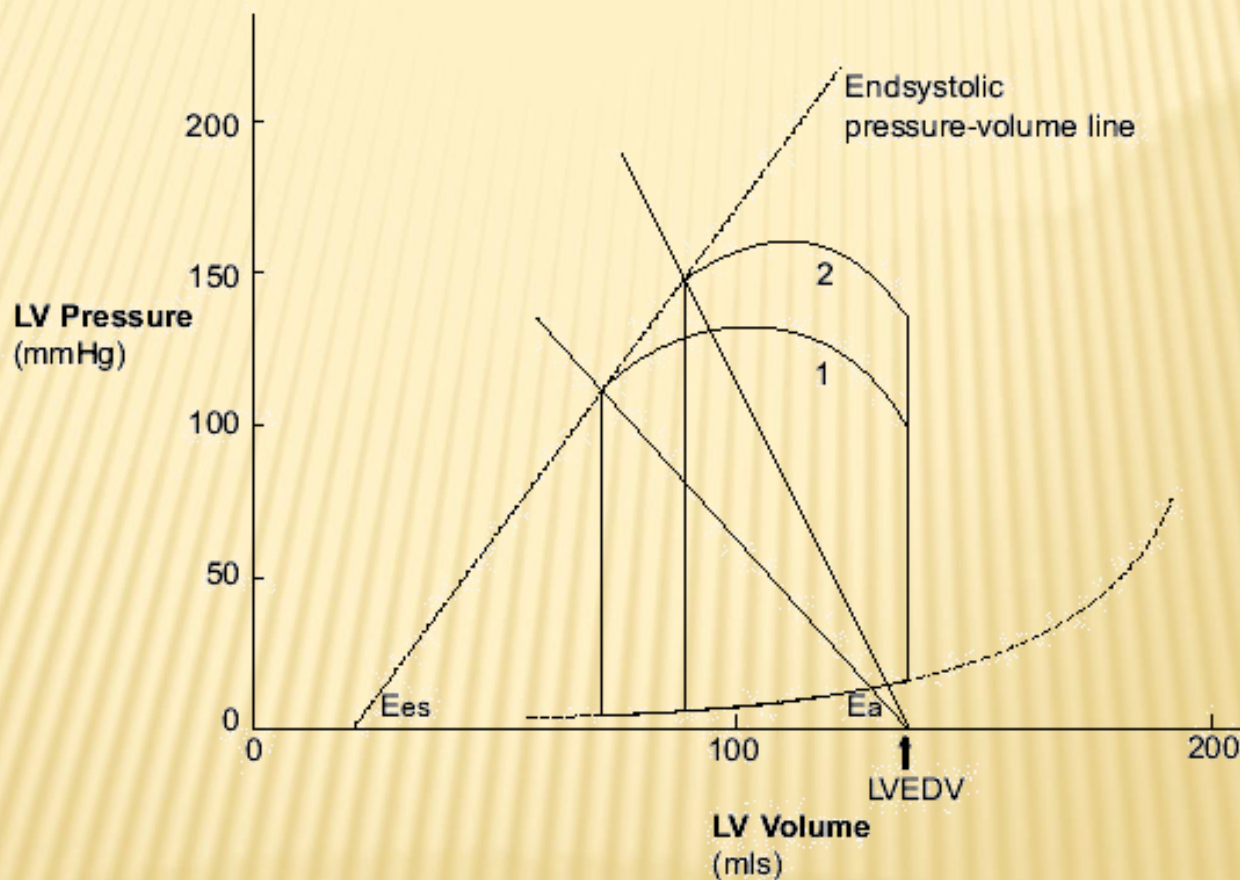
SYSTOLICKÁ FUNKCIA

AFTERLOAD – SYSTOLICKÝ TLAK

- ✗ Systolický intraventrikulárny tlak (SAP) je dôležitou zložkou afterloadu a medzi LV a SV existuje nepriamoúmerný vzťah
- ✗ ↑ SAP (napr. pri zaklembovaní hrudnej aorty)
 - + SV ↓ a neskôr normalizuje kompenzačným ↑ LVEDV alebo tzv. *heterometrickou autoreguláciou*
 - + Neskôr iniciálne ↑ EDV je nasledované ↑ kontraktility, kým sa LVEDV a LVEDP normalizuje. Tento jav sa volá *Anrepov fenomén* a adaptívny mechanizmus *homeometrická autoregulácia*

SYSTOLICKÁ FUNKCIA AFTERLOAD

Effect of Increased Afterload on LV Pressure-Volume Loop



Pacient č.2 - ↑ afterload (LVEDV idem , ESV/P rôzne), preload /LVEDV idem, kontr. idem

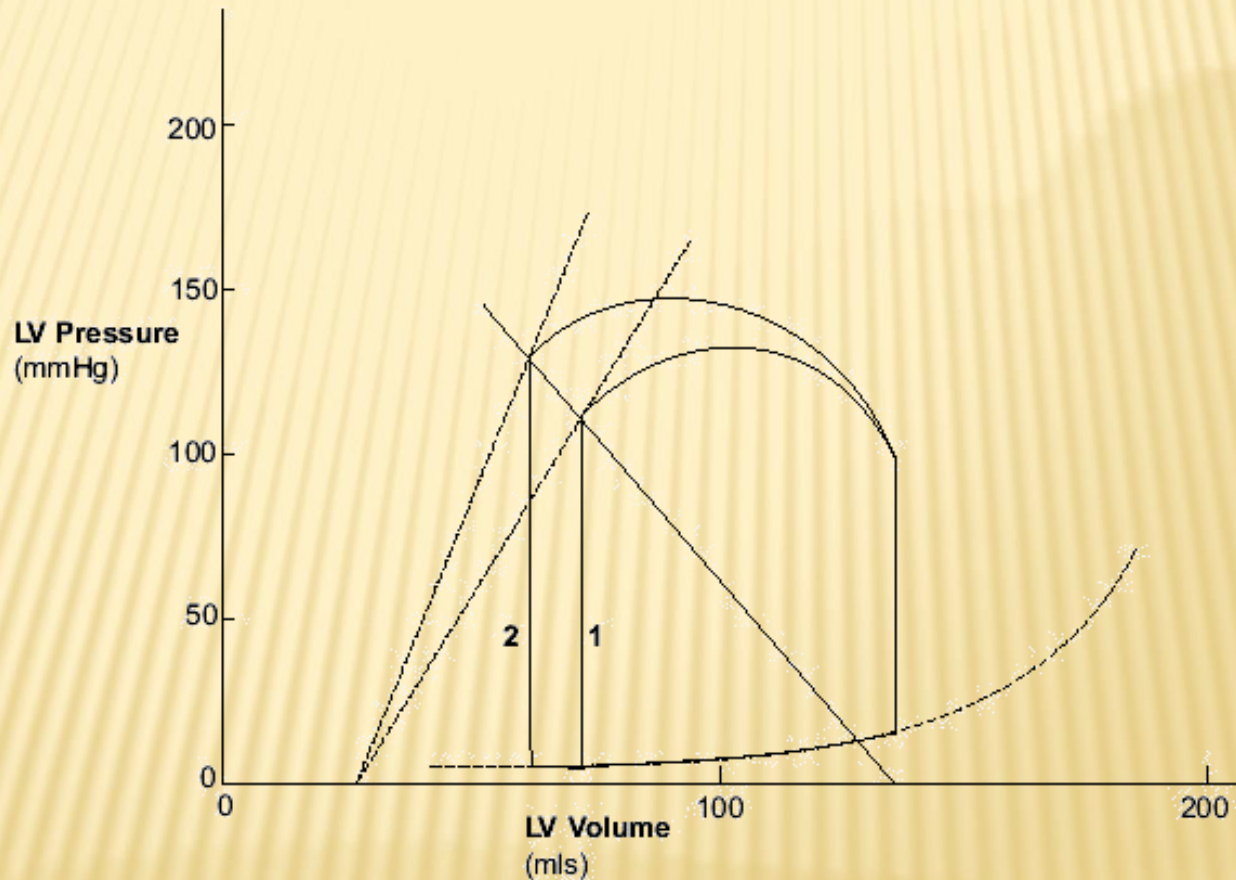
SYSTOLICKÁ FUNKCIA KONTRAKTILITA

Kontraktilita je jedným zo základných determinantov SV

- ✗ **Vlastná funkcia srdcových buniek a definuje množstvo práce, ktorú srdce vykoná pri určitej záťaži**
 - + Hlavný determinant - intracelulárne Ca^{2++}
 - + Počas depolarizácie → vstup malého množstva Ca^{2++} do buniek → uvoľnenie ďalších zásob zo sarkoplazmatického retikula → viaže sa na troponín → uvoľnenie tropomyozínu z väzobného miesta na aktíne → formácia aktíno-myozínových mostíkov
 - + Pozitívne inotropné lieky (katecholamíny) → ↑ kontraktility pom. → ↑ intracelulárne Ca^{2++} , pričom negatívne inotropické lieky majú opačný efekt.

SYSTOLICKÁ FUNKCIA KONTRAKTILITA

Effect of Increased Contractility on LV Pressure-Volume Loop



Pacient č.2 - ↑ kontraktilita (body ESP nie sú na priamke)

SYSTOLICKÁ FUNKCIA KONTRAKTILITA PRAVEJ KOMORY

- ✗ Špirálová svalová kontrakcia, pohyb TV↓ a longitudinálne skrátenie pozdĺžnej osi RV
- ✗ Nasleduje pohyb voľnej steny RV dovnútra k interventrikulárnemu septu (IVS)
 - + Voľná stena komory má relatívne obmedzenú svalovú silu. Alterácia alebo zlyhanie kontrakcie IVS naruší systolickú funkciu RV oveľa viac ako strata kontraktility voľnej steny RV.
- ✗ Kontrakcia LV priložením augmentuje celkovú kontrakciu RV

SYSTOLICKÁ FUNKCIA KONTRAKTILITA PRAVEJ KOMORY

- ✗ Tenkostenná RV - nemožnosť prekonať akékoľvek akútne zvýšenie afterloadu
- ✗ Stavaná na vyvrhnutie veľkých objemov krvi, nie je schopná odolávať vysokému intraventrikulárnemu tlaku
- ✗ RV ejekcia
 - + postupnejšie zvýšenie rýchlosti
 - + Vrchol (*peak*) dosahuje neskôr
 - + Pokles rýchlosti pomalšie než LV
- ✗ Akútnemu $\uparrow$ intravenrikulárneho tlaku $\rightarrow$ niekoľko násobné zvýšenie tenzie steny
- ✗ Zvýšenie afterloadu RV $\rightarrow \uparrow$ EDV aj transm. tlaku
- ✗ EF RV normálna až do mean PAP < 40 mm Hg

SYSTOLICKÁ FUNKCIA SRDCOVÝ RYTMUS

- ✘ Primárny determinant - *sinoatriálny nodus* v RA na úrovni junkcie hornej dutej žily (pomalá spontánna depolarizácia - primárny pacing)
- ✘ Nervové mechanizmy – alterácia rýchlosti na *AV-node*
- ✘ Prenos signálov z autonómnych receptorov v cirkulácii do mozgového kmeňa – spätná väzba prostr. sympatiku, resp. parasympatiku

SYSTOLICKÁ FUNKCIA SRDCOVÝ RYTMUS

- ✗ Najvariabilnejšia premenná vo fyziológii srdca
- ✗ Najdôležitejšia vo všetkých fázach srdcového cyklu
- ✗ Riadený celou radou systémov
 - + srdcový vodivý systém
 - + centrálny nervový systém
 - + autonómny nervový systém
 - + nervové a humorálne činitele
 - + lieky

PATOFYZIOLÓGIA KVS

- ✗ Boom s rozvojom Kardio-CT, Kardio-MRT, TEE, 3D-TEE
- ✗ Integrálna súčasť denného života anesteziológa
- ✗ Esenciálne poznanie patofyziológie chýb a ochorení pre následný anesteziologický management
- ✗ Preoperačná diagnostika rizikových skupín (↑ vek, KV-RF)
- ✗ Špecifita terapie vzhľadom na patológiu (MR, MI, AR, AI, TI) zvlášť pri kongenitálnych vitiach
- ✗ Celené real-time riešenie problému (TEE v OR, ICU)
- ✗ Sledovanie outcome, follow-up pacientov u spádového kardiológa
- ✗ Klinický výskum, zdieľanie a aplikácia poznatkov

Ďakujem za pozornosť

EDAIC
European Diploma
Anaesthesiology and Intensive Care

Setting the European Standard
for Anaesthesiology and
Intensive Care



On-Line Assessment (OLA)