

SRDCE A ZÁTĚŽ

Transportní systém

VENTILACE

$$V_T = V_A + V_D \quad \dot{V}_E = V_T \cdot f_B$$

$$F_{IO_2} - F_{EO_2} \quad \dot{V}_A : \dot{Q}_C$$

DIFUZE

$$\dot{V}_{O_2} = D_{LO_2} (P_{AO_2} - P_{\bar{v}O_2})$$

CIRKULACE

$$\dot{V}_{O_2} = \dot{Q} (C_{aO_2} - C_{\bar{v}O_2})$$

$$\dot{V}_{CO_2} = \dot{Q} (C_{\bar{v}CO_2} - C_{aCO_2})$$

KREV

$$S_{aO_2} \quad S_{aCO_2}$$

$$S_{vO_2} \quad S_{vCO_2}$$

DIFUZE

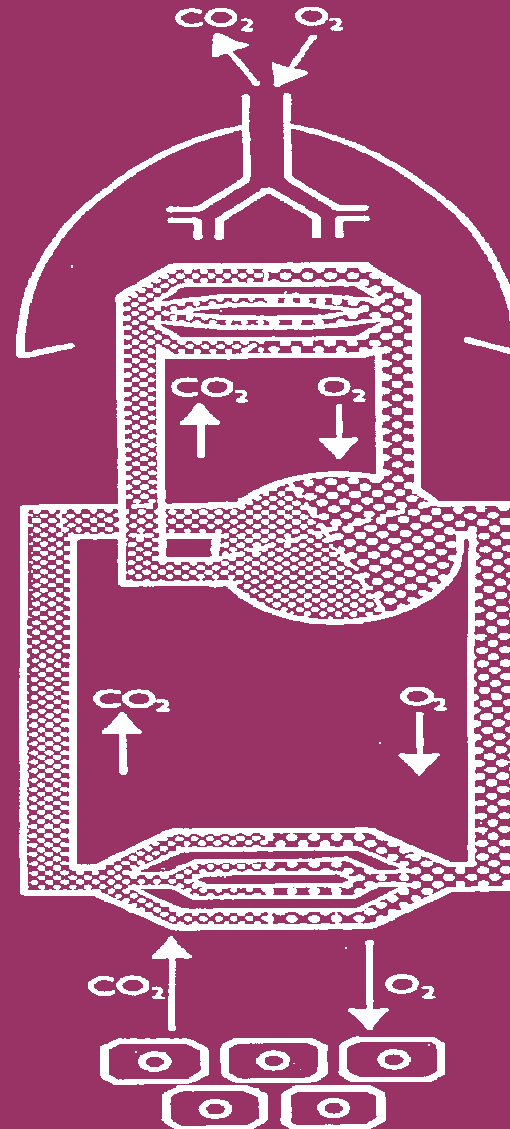
$$\dot{V}_{O_2} = D_{tO_2} (P_{cO_2} - P_{tO_2})$$

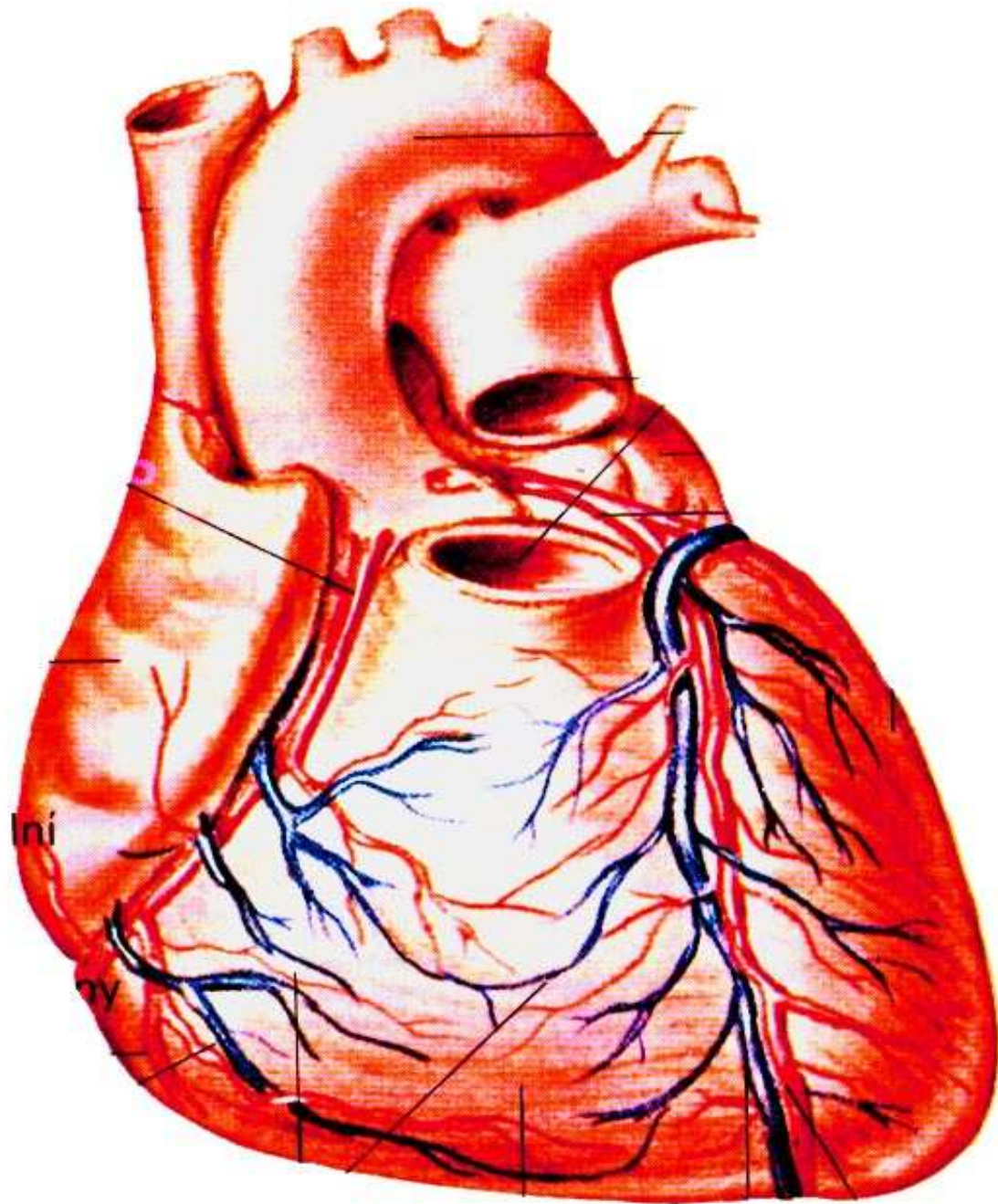
$$\dot{V}_{CO_2} = D_{tCO_2} (P_{tCO_2} - P_{cCO_2})$$

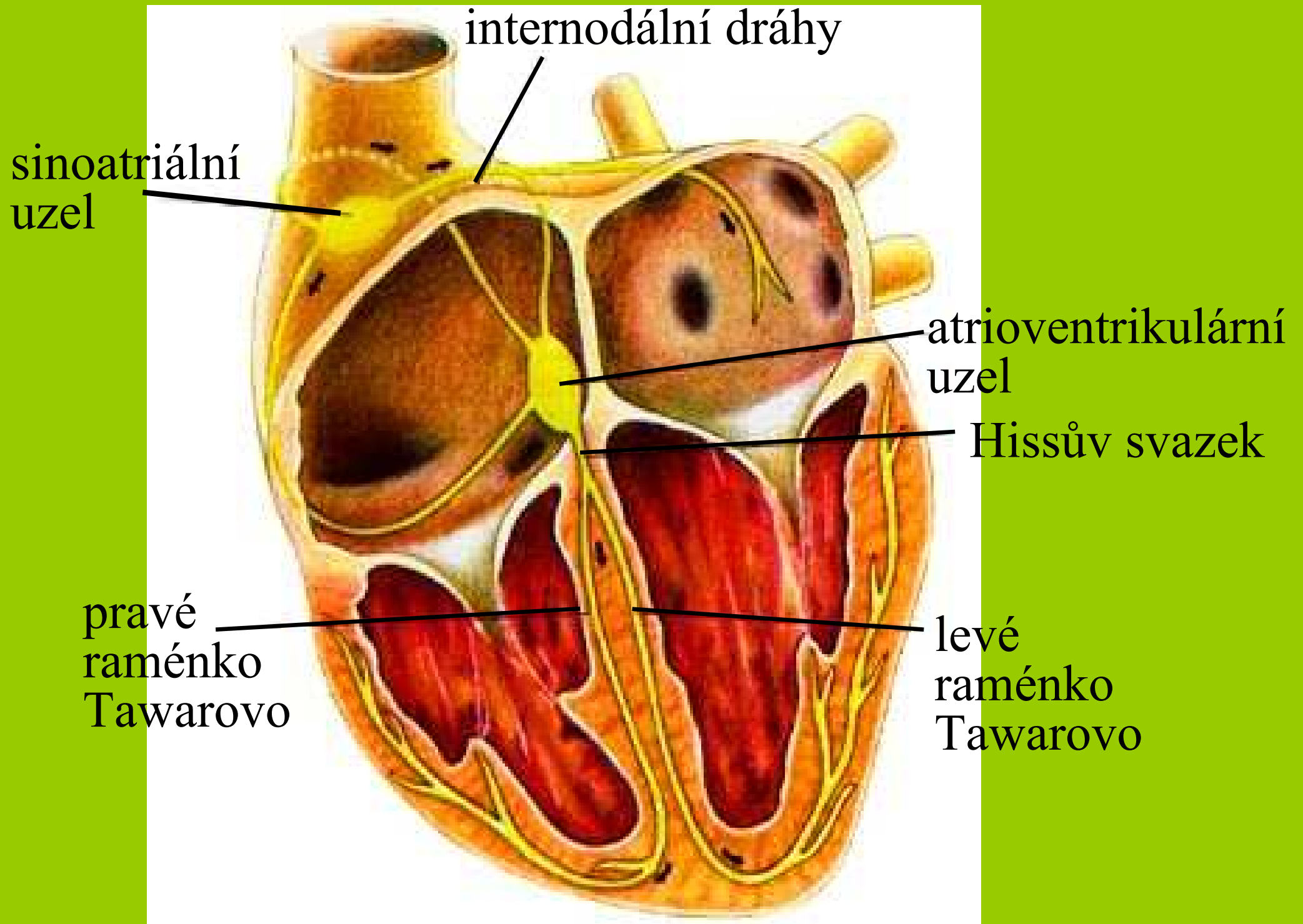
METABOLIZMUS

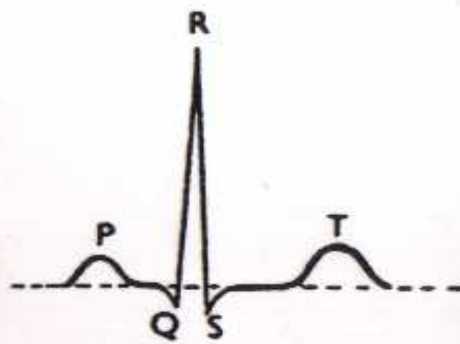
$$\dot{Q}_{O_2} \quad \dot{Q}_{CO_2}$$

$$LA \quad PY \quad E$$

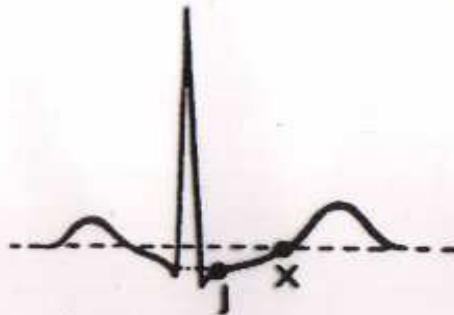




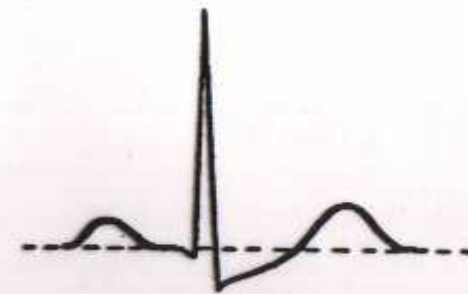




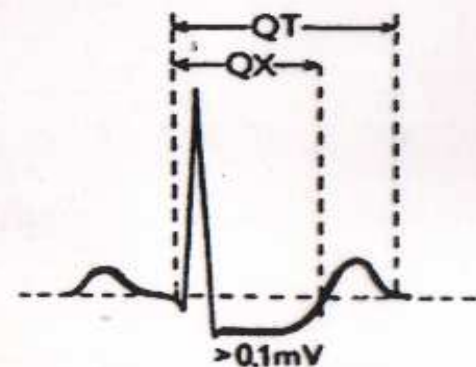
NORMÁLNÍ KŘIVKA



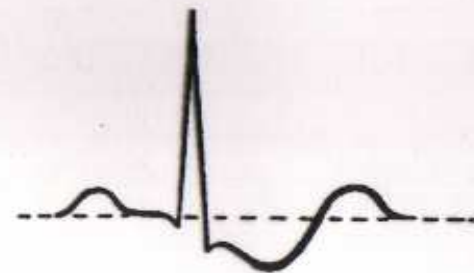
PSEUDODEPRESE



JUNKČNÍ DEPRESE



HORIZONTÁLNÍ DEPRESE



SESTUPNÁ DEPRESE

$QX > 50\% QT$
 Změny vlny T a U
 Elevace ST (hrud. sv.)
 Dysrytmie

DALŠÍ KRITÉRIA

Kritéria možných ischemických změn myokardu

Srdce:

- srdeční frekvence (HR nebo TF) **70/min**
- systolický objem = tepový objem (TO) **70 ml**
- minutový objem srdeční = srdeční výdej (Q, SV nebo CO nebo) **5 l/min**
- ejekční frakce **60 %**
- end systolický objem **50 ml**
- end diastolický objem **120 ml**

REGULACE SRDCE

Frankův-Starlingův zákon

Nervová a hormonální

CHRONOTROPIE - změna frekvence

DROMOTROPIE – změna vedení rychlosti podráždění

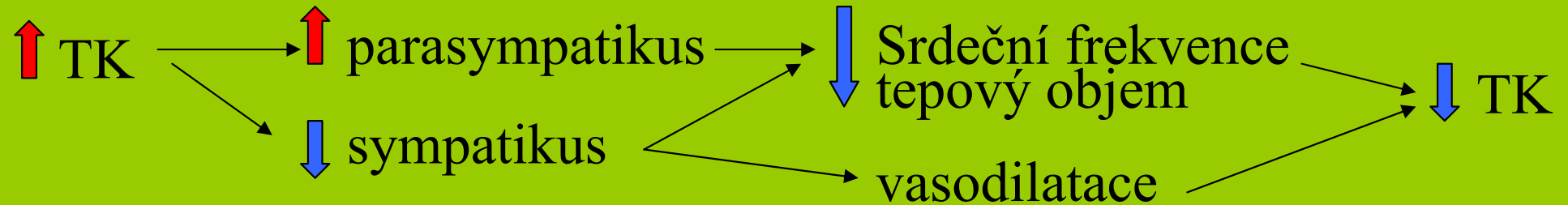
INOTROPIE – změna kontraktility srdce

sympatikus ↑f, ↑ rychlost vedení, ↑ kontraktilitu

parasympatikus ↓ f, ↓ rychlost vedení

Baroreceptory

- aorta (sinus aorticus) a vnitřní karotidy (sinus aorticus)



Vumoreceptory

- receptory v srdečních síních



Chemoreceptory

- aorta (glomus aorticus) a vnitřní karotidy (glomus aorticus)



Krevní oběh

složka transportního kardiopulmonálního systému

změny:

- reaktivní – bezprostřední reakce organismu
- adaptační – výsledek dlouhodobého opakovaného tréninku

srdeční frekvence – dynamika změn

fáze úvodní = \uparrow TF před výkonem

- mechanismus: emoce (více u osob netrénovaných) a podmíněné reflexy (převládají u trénovaných osob)
- startovní a předstartovní stavy

srdeční frekvence – dynamika změn

fáze průvodní = při vlastním výkonu roste

TF nejdřív rychle (fáze iniciální),

→ zpomalení, → ustálení (rovnovážný stav)

- mechanismus: podmíněné a nepodmíněné reflexy, tělesná teplota, hormonální a látkové změny v krvi

srdeční frekvence – dynamika změn

fáze následná = návrat TF k výchozím hodnotám, zpočátku rychleji, postupně pomalejší

- mechanismus: nepodmíněné reflexy, látkové změny v krvi vycházející ze svalů

Změny reaktivní - systolický objem

- klidové hodnoty 60-80 ml
- při výkonu zvýšení na 120-150 ml, nejdřív rychlý nárůst, pak zpomalení a ustálení, max. hodnoty při TF 110-120
- závisí na rozměrech, kontraktilitě myokardu, plnění srdce a periferním odporu

Změny reaktivní - minutový objem srdeční

- klidové hodnoty kolem 5 litrů/min
- při výkonu zvýšení na 25-35 litrů/min
- roste s minutovou spotřebou kyslíku

tepový kyslík = minutová spotřeba kyslíku
 VO_2 / TF

- klidové hodnoty 6-8 ml
- při maximálním zatížení zvýšení na 15 ml, u žen je nižší

Index W170 = výkon, kterého by jedinec dosáhl při TF 170

- lineární závislost TF na intenzitě zátěže

REAKCE NA ZÁTĚŽ

- SRDEČNÍ FREKVENCE ↑
- SYSTOLICKÝ OBJEM ↑
- SRDEČNÍ VÝDEJ ↑
- KONTRAKTILITA ↑

- EJEKČNÍ FRAKCE ↑

Adaptační změny

- souvisejí s trénovaností

1. strukturální změny

2. funkční změny

Trénovaný jedinec - strukturální změny

srdce

- fyziologická hypertrofie a dilatace
- ↑ hmotnosti

cévy

- ↑ množství kapilár ve svalech

Fyziologická hypertrofie srdce

- u vytrvalostního tréninku

hypertrofie ***excentrická*** = zvětšení komor
+ ↑ tloušťka stěn (s regulativní dilatací)

- u silového tréninku

hypertrofie ***koncentrická*** = ↑ tloušťka
stěn, ale zmenšení dutin

Trénovaný jedinec - funkční změny

↓ klidové TF = sportovní bradykardie

- extrémní hodnoty 30-35 tepů/min

↑ klidového tepového objemu na 80-100 ml

- při zátěži až 150-200 ml

↑ max. minutový objem až 35 l/min

ADAPTACE NA ZÁTĚŽ

- SRDEČNÍ FREKVENCE ↓ (méně 60/ min)
- SYSTOLICKÝ OBJEM ↑ (150-200 ml)
- MINUTOVÝ SRDEČNÍ
OBJEM ↔ u trénovaného na
vrcholu zátěže o 10 l více
- KONTRAKTILITA ↑

Krevní tlak (TK)

- klidové hodnoty 120/70(80)

Vysoký TK-hypertenze- 140/90 a více

- systolický
- diastolický
- střední

Krevní tlak (TK)

při dynamické práci se ↑ hlavně systolický tlak (nejméně při malé intenzitě nebo dlouhodobé vytrvalostním výkonu, nejvíce při submaximální intenzitě zatížení až na 180-240 mmHg), diastolický tlak se mění jen mírně, může i lehce klesat

Krevní tlak (TK)

při statické práci: změny TK souvisí se změnami nitrohrudního tlaku (Valsalvův manévr),

- většinou dochází ke \uparrow systolického (140-160 mmHg) i diastolického (80-100 mmHg)
- po dlouhodobém silovém tréninku dochází k fixaci ve formě hypertenze (vzpěrači)

Cévy

- tepny, vlásečnice, žíly
- při zátěži - redistribuce krve v cévním řečišti na podkladě kompenzační vasokonstrikce, v některých orgánech splachnické oblasti a vylučovacího systému **vasokonstrikce**, tzn. ↓ průtoku (zpočátku i v kůži),
ve svalech, srdci **vasodilatace**, tzn. ↑ průtoku
- zásobení CNS konstantní, pro odvod tepla později vasodilatace v kůži

Distribuce srdečního výdeje

| | klid | zátěž |
|-----------------------|------------------|-------------------|
| srdce | 5% = 0,25 l/min | 5% = 1,25 l/min |
| mozek | 15% = 0,75 l/min | 4% = 1,0 l/min |
| svaly | 20% = 1,0 l/min | 85% = 21,25 l/min |
| trávicí systém | 25% = 1,25 l/min | 5% = 1,25 l/min |
| kosti | 4% = 0,2 l/min | 1% = 0,25 l/min |
| ledviny | 20% = 1,0 l/min | 3% = 0,75 l/min |

Regulace průtoku

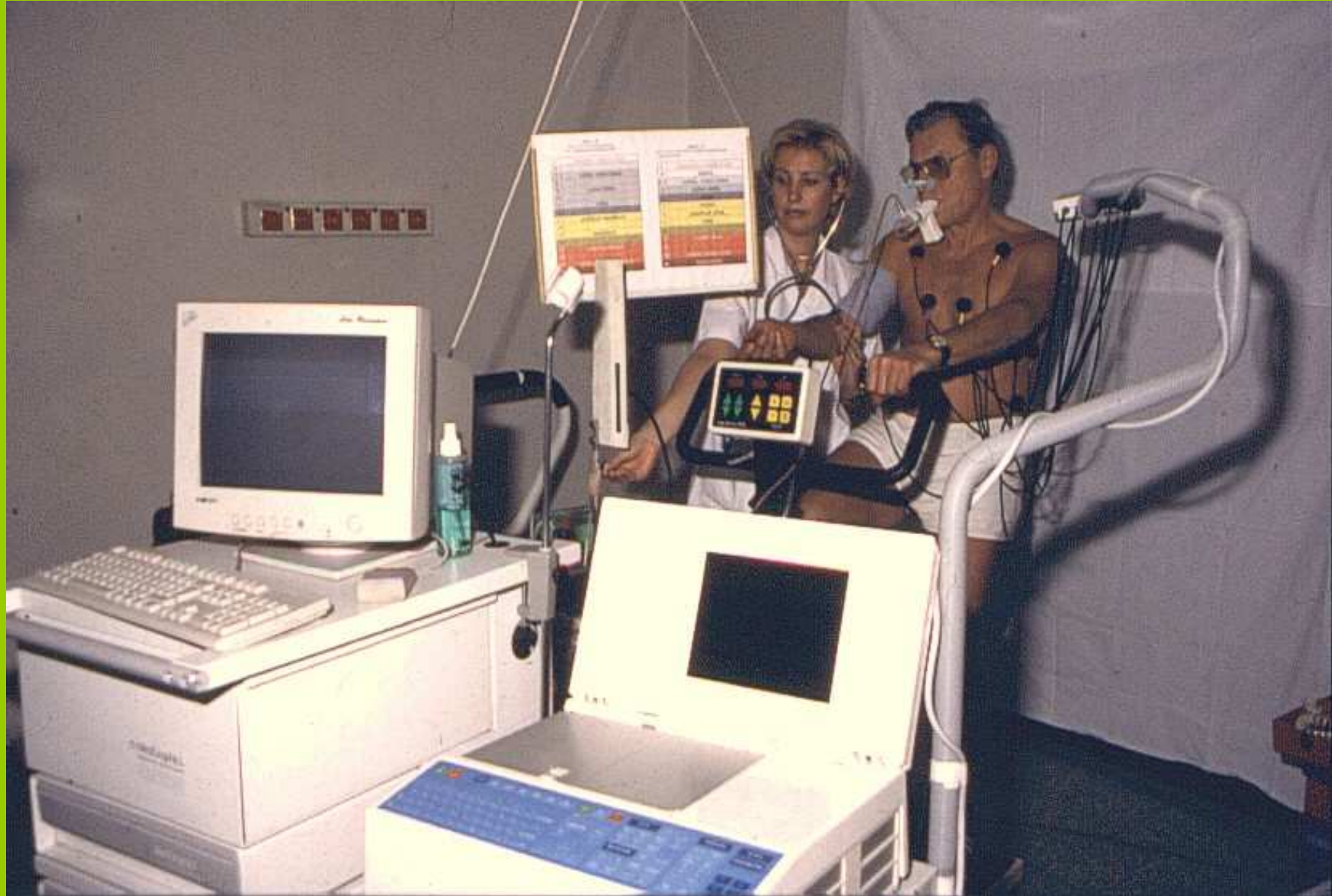
vegetativní nervový systém

(sympatikus X parasympatikus)

- vasokonstrikce - sympatikus (ve svalech a srdci však vasodilatace)
- vasodilatace - parasympatikus

metabolická autoregulace: CO₂, ADP, laktát, ↓ pH, histamin => vasodilatace ve svalech

Spiroergometrie



Spirometry

| | FVC | FRV1 | FRV1/FVC | MVV |
|------------------|-----|------|----------|-----|
| Actual % Pred | | | | |

Exercise

| | VO2/kg | RRR | HR | HCO3 | pH | PaCO2 | PaO2 |
|--------|--------|------|------|------|----|-------|------|
| Rest | 4.0 | 0.85 | 53.0 | | | | |
| WR max | 28.8 | 1.24 | 96.0 | | | | |

| | | Anaerobic Threshold | Maximum VO2 | Predicted Maximum |
|------------|-------------|------------------------|----------------|----------------------|
| VO2 | (mL/min) | 1082.7 | 2157.7 | 1878.9 |
| VO2 | (mL/kg/min) | 14.4 | 28.8 | |
| METS | | 4.1 | 8.2 | |
| Heart Rate | (beats/min) | 70.0 | 96.0 | 151.0 |
| O2 Pulse | (mL/beat) | 15.5 | 22.5 | |
| VE | (L/min) | 27.8 | 98.7 | 124.3 |
| Work | (watts) | 60.0 | 140.0 | 128.0 |

General

| | Normal | Patient |
|--|--------|---------|
| Functional Capacity (VO2max/Pred VO2max) | >85% | 115% |
| Anaerobic Threshold (VO2AT/Pred VO2max) | >40% | 58% |

Respiratory

| | Normal | Patient |
|--|-----------|-----------|
| Breathing Reserve (1 - (VEmax/pred VEmax)) | >30% | 21%; -26L |
| Respiratory Rate (br/min; Rest to WRmax) | 8 - 50 | 14 - 44 |
| VT/FVC (Rest to WRmax) | .15 - .60 | |

Ventilation/Perfusion

| | Normal | Patient |
|----------------------------------|------------|-------------|
| VD/VT (Rest to WRmax) | .35 - <.25 | 0.32 - 0.09 |
| P(a-ET)CO2 (torr; Rest to WRmax) | +3 - <0 | |
| P(A-a)O2 (torr; Rest to WRmax) | <21 | |

Cardiac

| | Normal | Patient |
|---|---------|------------|
| Heart Rate Reserve (1 - (HRmax/pred.HRmax)) | <15% | 36% |
| O2 Pulse (mL/beat; Rest to WRmax) | | 5.7 - 22.5 |
| Blood Pressure (mmHg; Rest to WRmax) | <230/90 | |

Hodnocení zátěžového testu

Hodnocení tělesné výkonnosti

- **Tělesná výkonnost:** *Schopnost nemocného podat určitý výkon, tedy vykonat práci za určitý čas.*

Vyjádření v absolutních hodnotách:

W

v relativních hodnotách:

W/kg

*v násobcích klidového příjmu kyslíku-
ekvivalentech*

MET

metabolických

(příjem kyslíku v klidu za bazálních podmínek)

=3,5 ml/kg/min

- **Maximální příjem kyslíku** **VO2 max**

Maximální množství kyslíku které může vyšetřovaná osoba dopravit do organismu za podmínek dynamické zátěže a které se i přes pokračující zátěž již dále nezvyšuje.

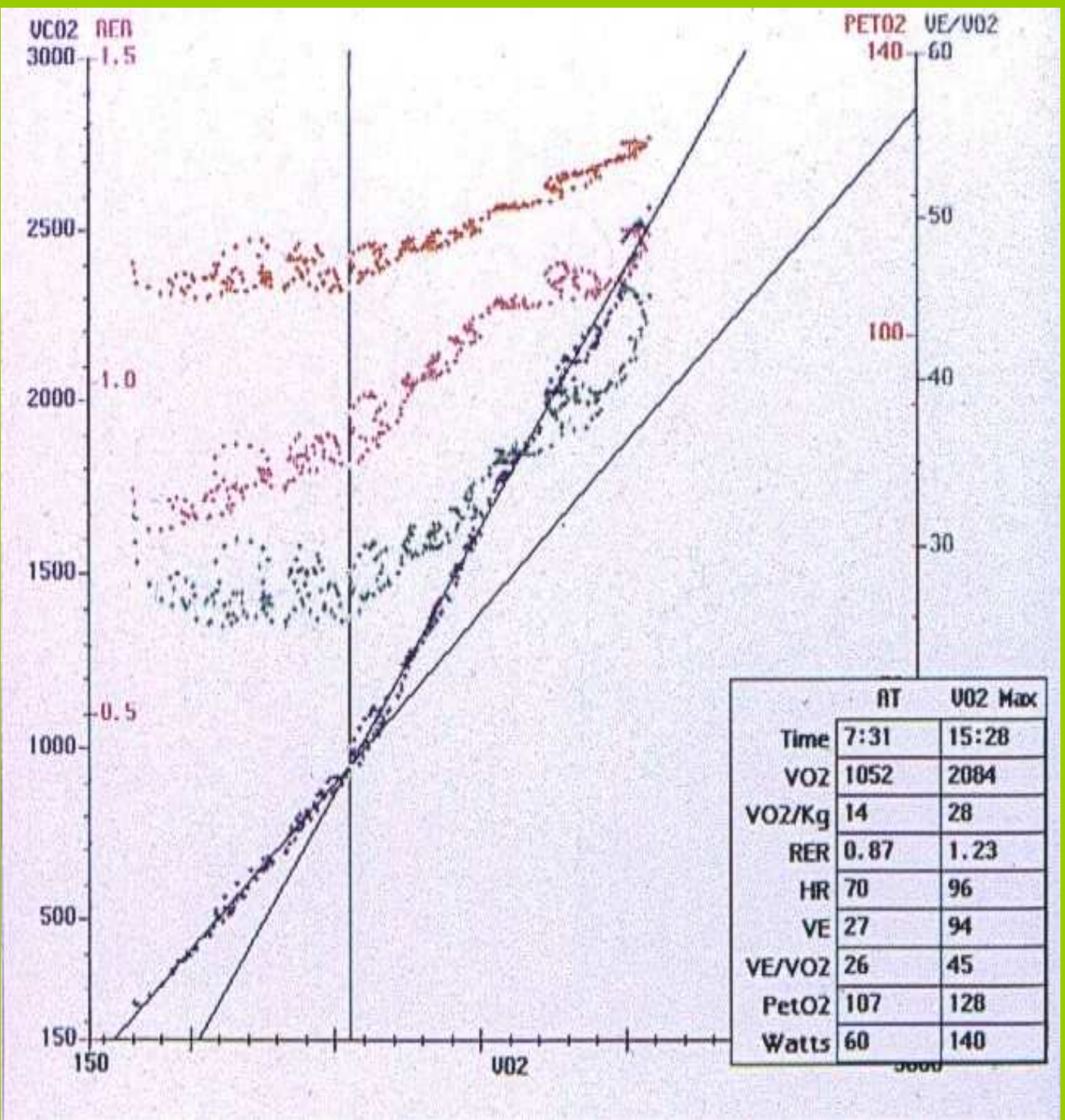
ANAEROBNÍ PRÁH

krátký úsek v průběhu stupňující se dynamické zátěže, kdy se k převážně aerobnímu krytí energetických požadavků organismu přidává způsob anaerobní

METABOLICKÁ ACIDÓZA:



- Vzestup a kumulace krevního laktátu
- Pokles pH krve
- Hyperventilace
- Pokles bikarbonátu
- INVAZIVNÍ URČENÍ ANAEROBNÍHO PRAHU
- „laktátový“
- „-BE práh“



KFDR LF MU
FN U SV. Anny Brno

ZMĚNY V KRVÍ

Červené krvinky

Relativní změny: pocení, hemokoncentrace

Absolutní změny: zvýšení na začátku zátěže
při vyplavení z kostní dřeně

Adaptační změny: výsledek působení sníženého
parciálního tlaku kyslíku (vysokohorské prostředí)

Bílé krvinky

Počet při zátěži stoupá

Fáze lymfocytární: krátkodobé výkony vyšší intenzity,
emoce

Fáze neutrofilní: vytrvalostní výkony střední intenzity

Fáze intoxikační: výrazný vzestup po vyčerpávajících
výkonech

Návrat k výchozím hodnotám nejpozději do několika
hodin