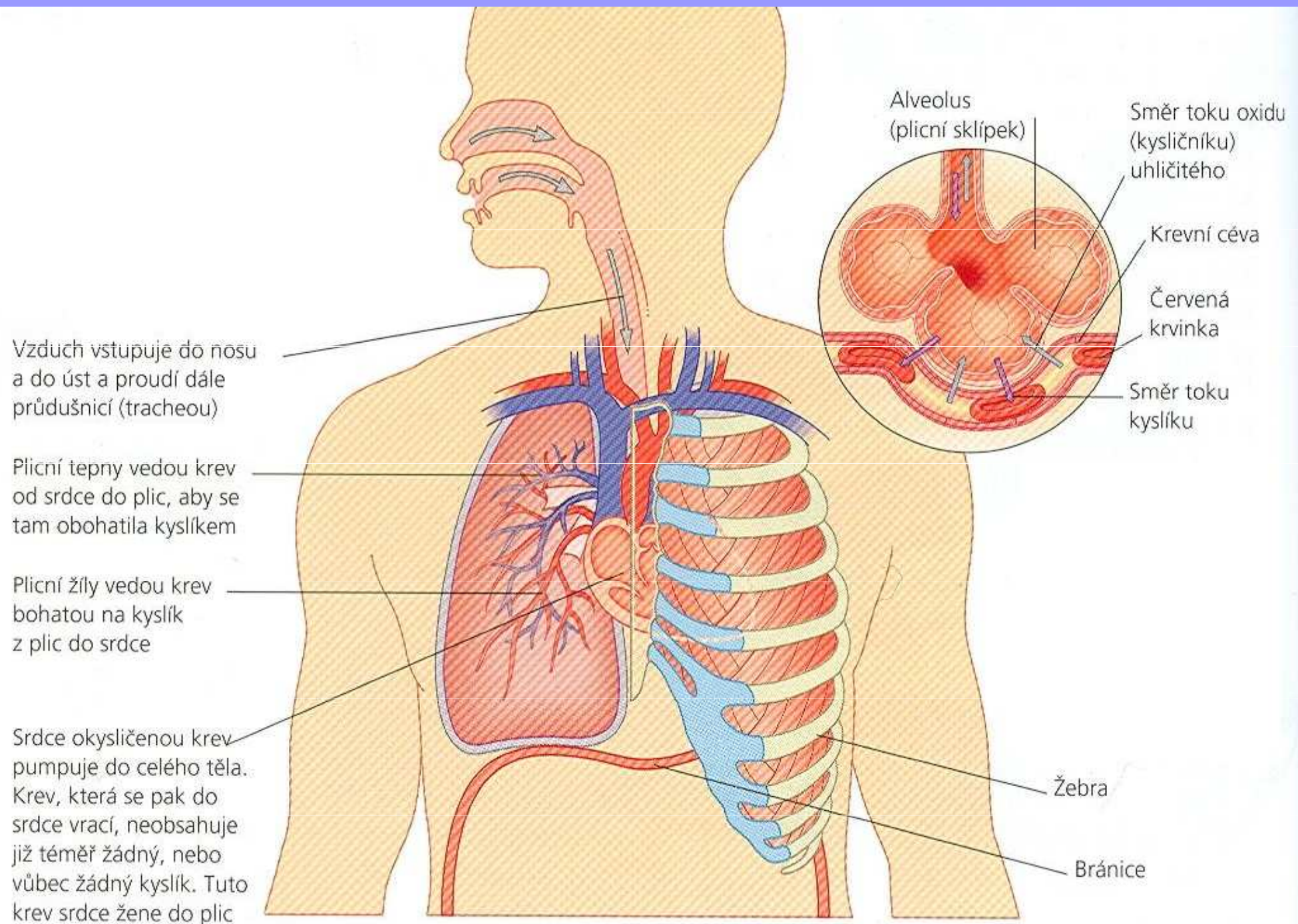


TRANSPORTNÍ SYSTÉM

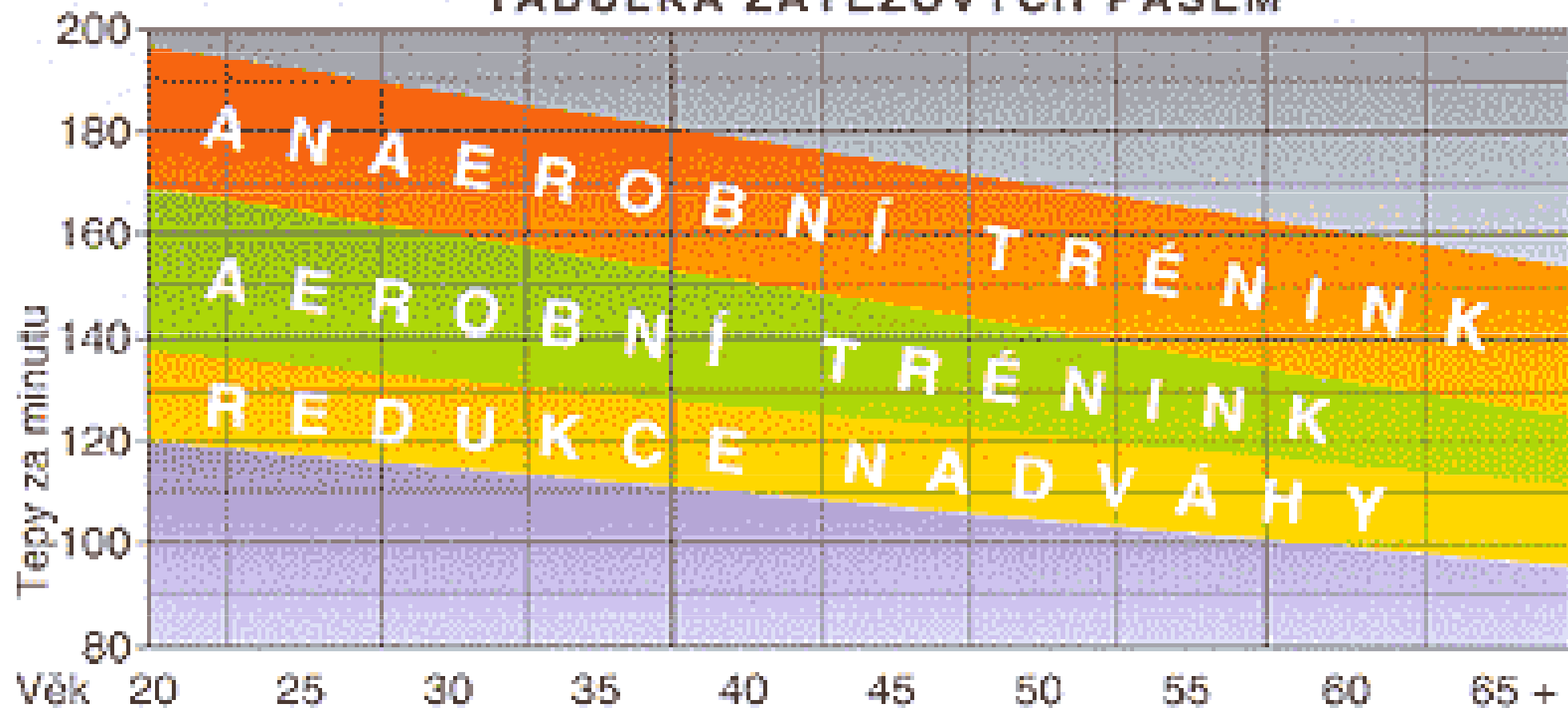
FUNKCE TRANSPORTNÍHO SYSTÉMU

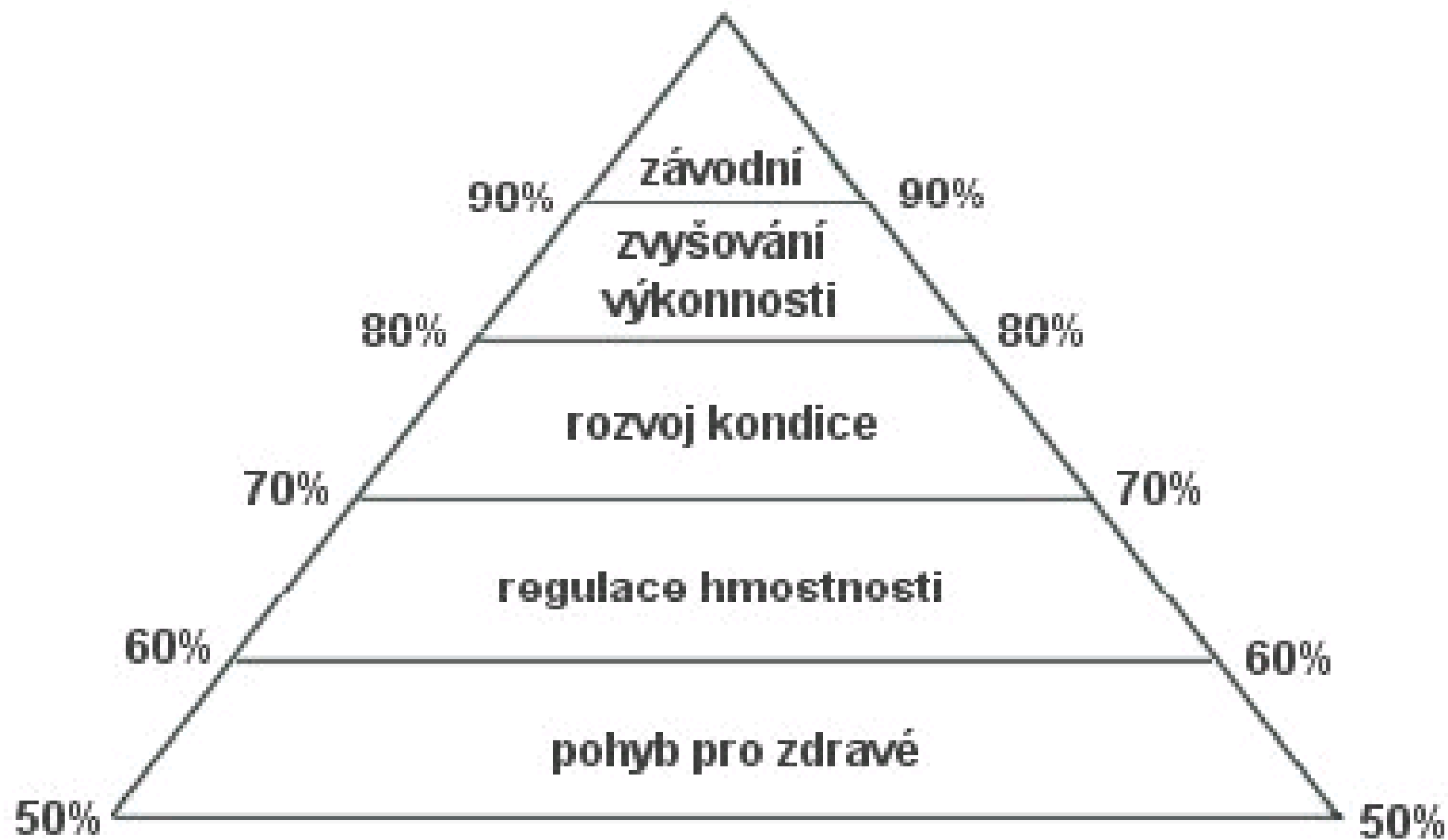


- Průměrná klidová frekvence člověka je 72 tepů za minutu.
- V dětském věku je vyšší.
- Tepová frekvence se zvyšuje při horečce, při práci a při rozčílení.

- Vagotonici (jedinci s nízkou klidovou SF)
- Normotonici (s běžnou klidovou SF)
- Sympatikotonici (klidová SF výrazně vyšší)

TABULKA ZÁTĚŽOVÝCH PÁSEM



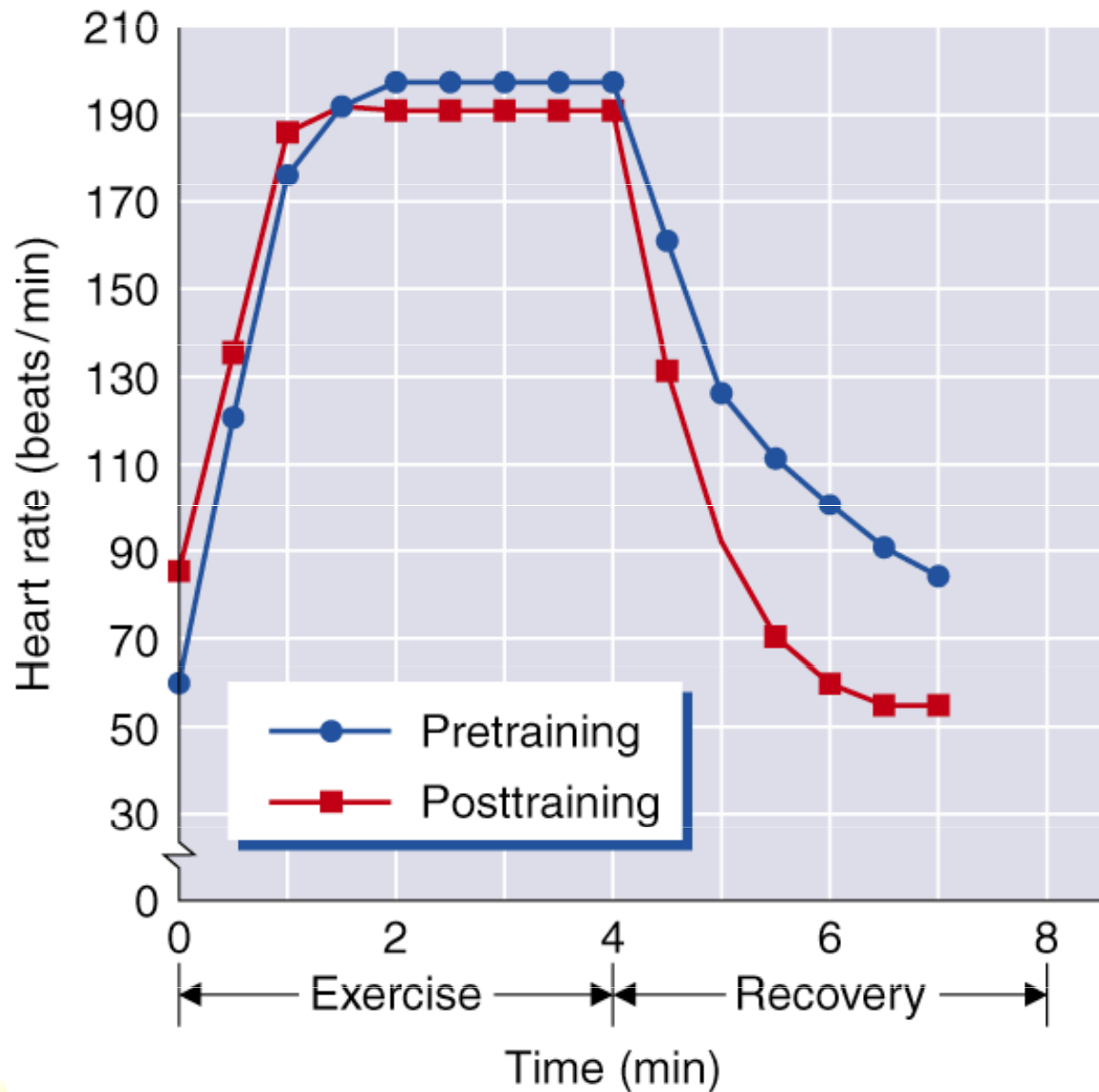


Změny SF při zatížení – 3 fáze

- úvodní (předstartovní zvýšení SF)
- průvodní (zvýšení SF při vlastní činnosti – strmost vzestupu je úměrná intenzitě zatížení, potom dochází k ustálení)
- následná (dochází k návratu SF k výchozím hodnotám)

SF před, během a po výkonu

(netrénovaný/trénovaný)



Průměrné hodnoty SFmax u české zdravé populace:

VĚK	MUŽI	ŽENY
18	194±10	197±7
25	191±9	194±8
35	186±10	188±9

$$SF_{\max} = 220 - \text{věk}$$

MINUTOVÝ OBJEM SRDCE – Q

CARDIAC OUTPUT

- je množství krve, které srdce vyvrhne do krevního oběhu za minutu
- závisí od množství krve vyvrhnutého při jedné kontrakci (systolický objem/stroke volume – Q_s) a počtu srdečních kontrakcí za minutu – SF.

- potřeba prokrvení v pokoji vyžaduje minutový objem asi 5 litrů
- u trénovaných je Q_S vyšší, což jeho srdci umožňuje pracovat v pokoji i při stejné submaximální intenzitě zatížení nižší SF

- $Q = Q_S * SF$

	Q_S [ml]	SF [tepů*min ⁻¹]	Q [ml]
netrénovaný	70	70	4 900
trénovaný	100	50	5 000

STANOVENÍ Q

$$Q(\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}) = \frac{TK_{\text{pulz}} \cdot k}{sTK + dTK} \cdot TF \cdot S$$

$$TK_{\text{pulz}} = sTK - dTK$$

TKpulz = pulzový tlak krve

sTK = systolický tlak krve

dTK = diastolický tlak krve

TF	TLAK (mmHg)			Q (ml)	Q _s (ml)
	sTK	dTK	TKpulz		
70	120	80	40	5040	72

k = konstanta = 200; S = povrch těla (m²)

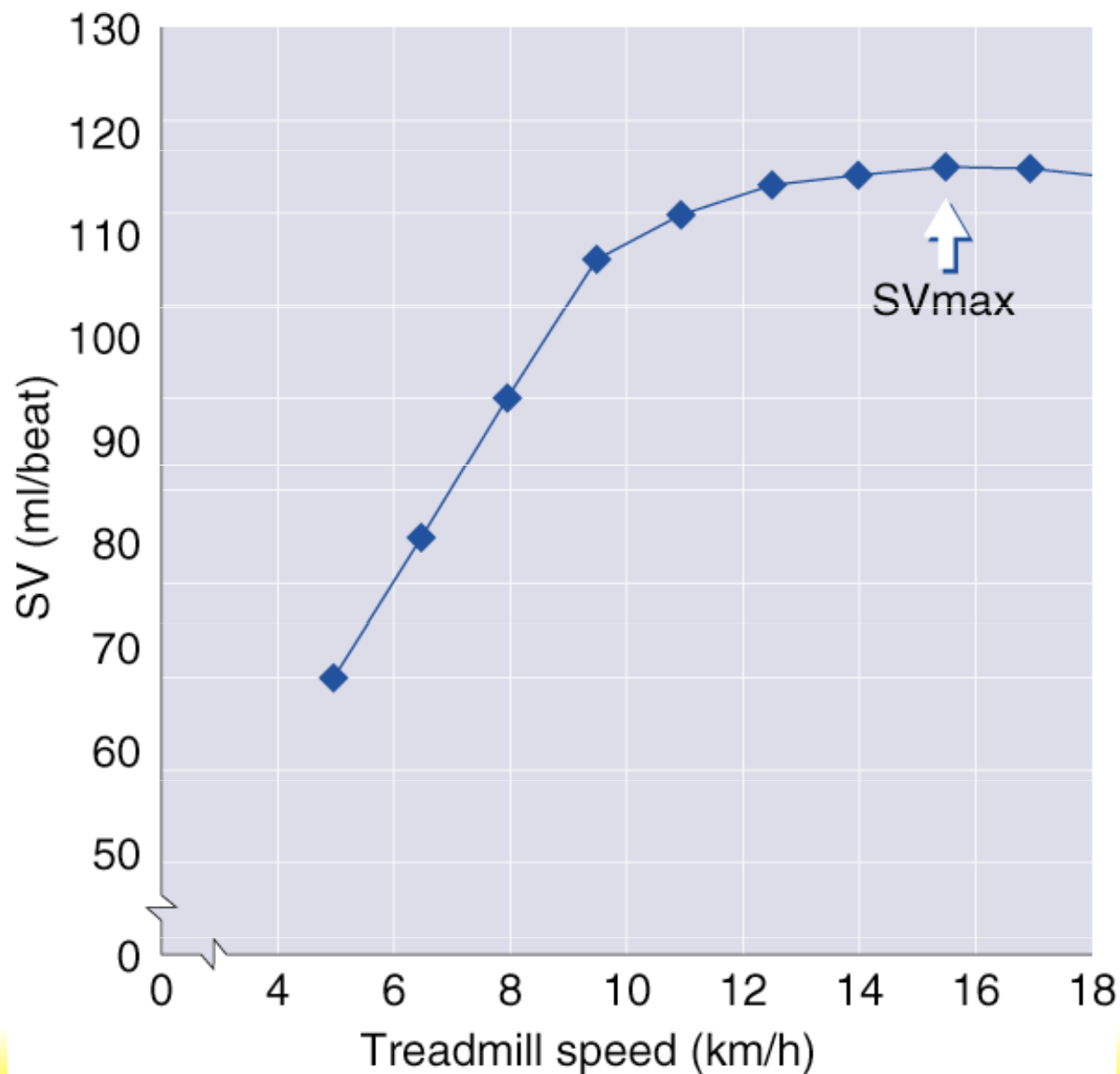
k	S (m ²)
200	1,8

STANOVENÍ Q_s

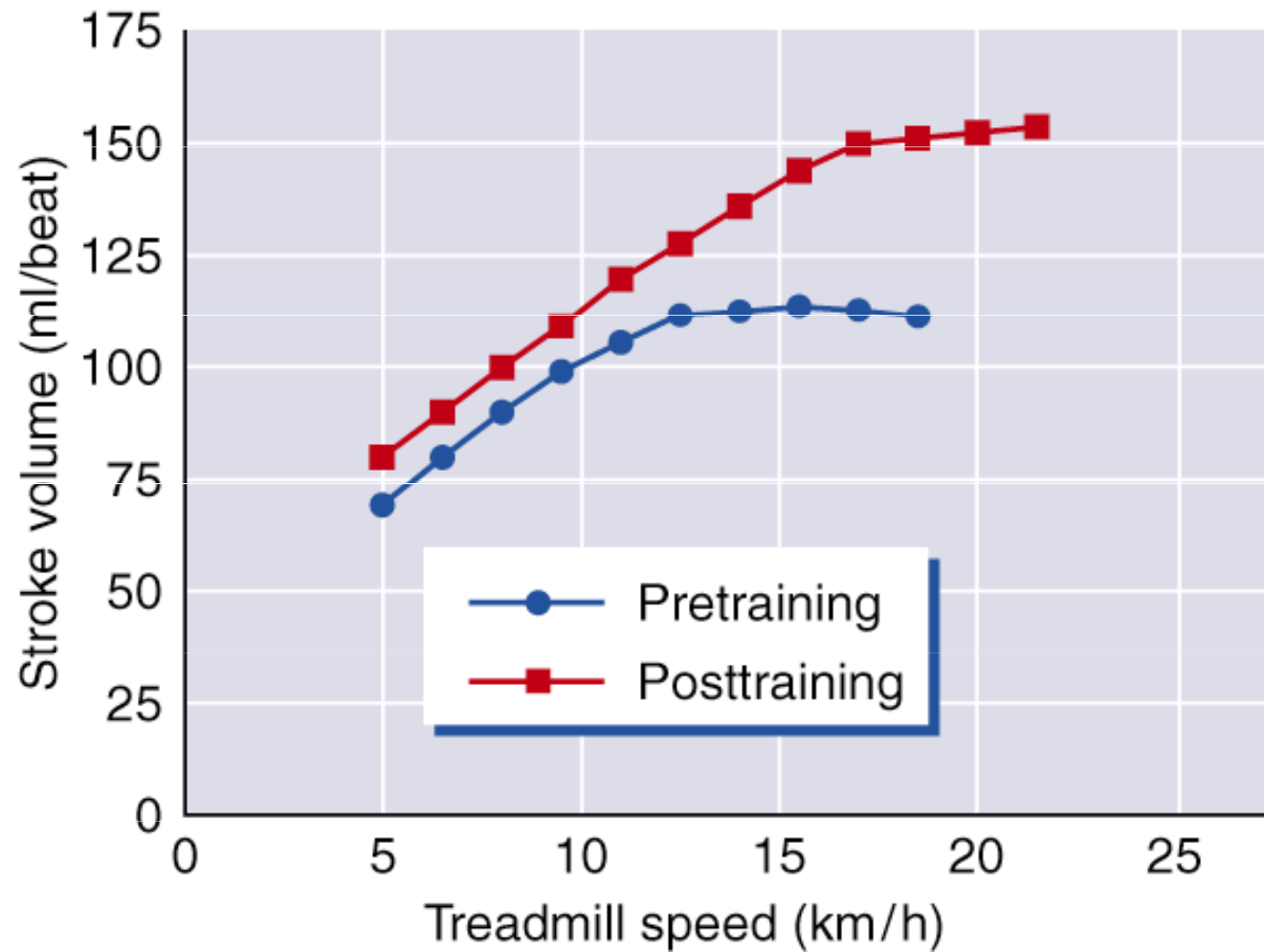
$$Q_s(\text{ml}) = Q(\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}) : TF$$

V KLIDU	SF [1/min]		Q_S [ml]		Q [l]
netrénovaný muž	72	x	70	=	5
netrénovaná žena	75	x	60	=	4,5
trénovaný muž	50	x	100	=	5
trénovaná žena	55	x	80	=	4,5
MAX. ZÁTEŽ	SF [1/min]		Q_S [ml]		Q [l]
netrénovaný muž	200	x	110	=	22
netrénovaná žena	200	x	90	=	18
trénovaný muž	190	x	180	=	34
trénovaná žena	190	x	125	=	24

SYSTOLICKÝ OBJEM (STROKE VOLUME) A INTENZITA ZATÍŽENÍ



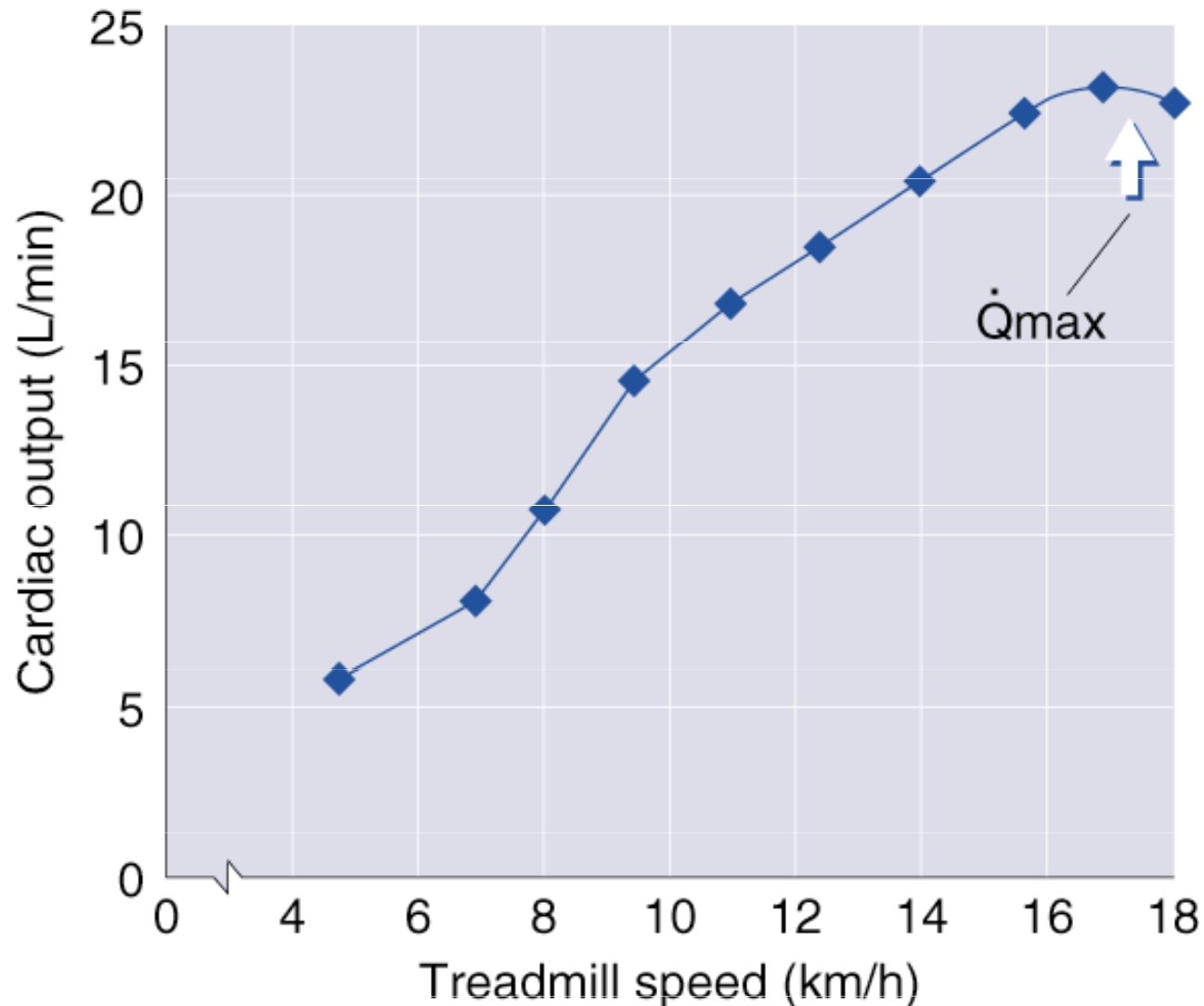
SYSTOLICKÝ OBJEM A VLIV TRÉNINKU



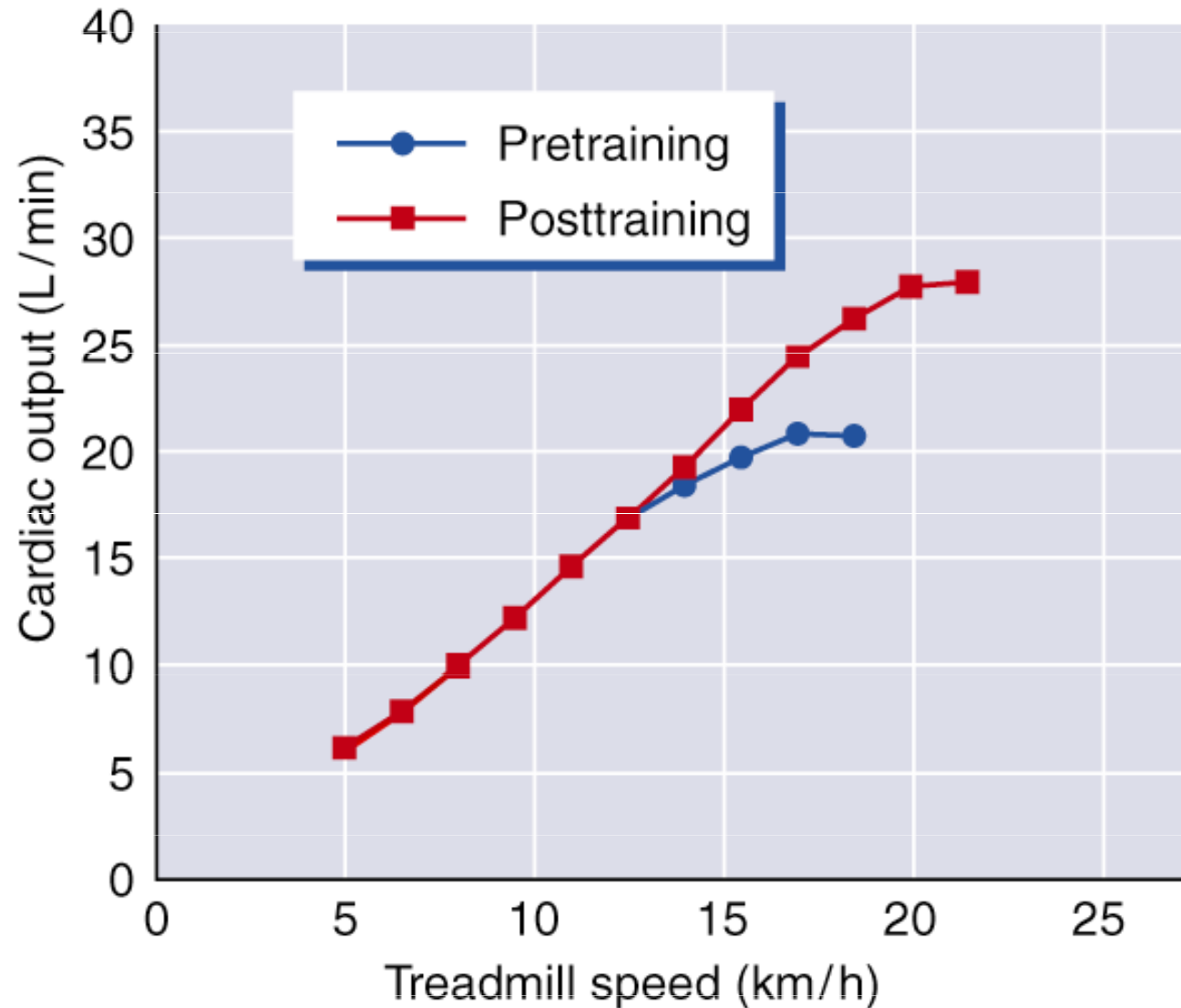
SYSTOLICKÝ OBJEM (Q_s) pro různé úrovně trénovanosti

Jedinci	Q_s (ml)	Q_smax (ml)
Netrénovaní	50-70	80-110
Trénovaní	70-90	110-150
Hodně trénovaní	90-110	150-220

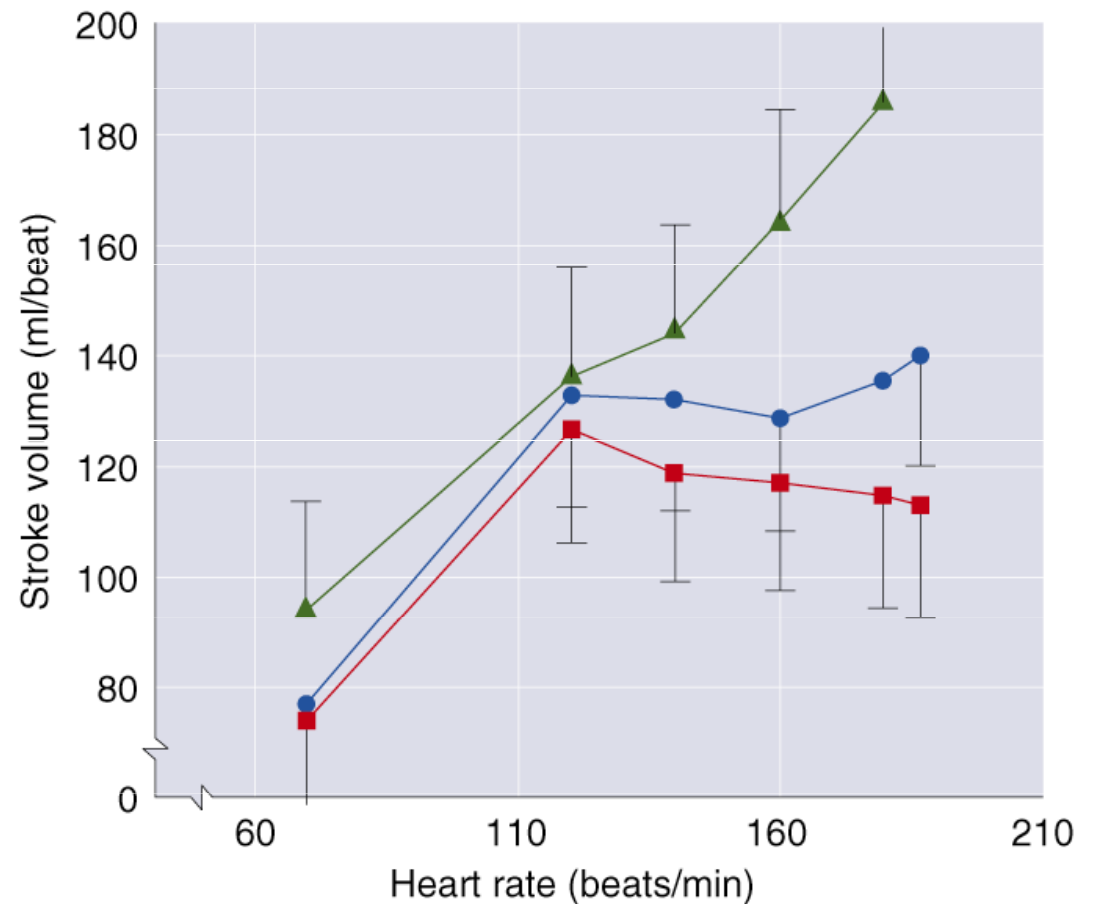
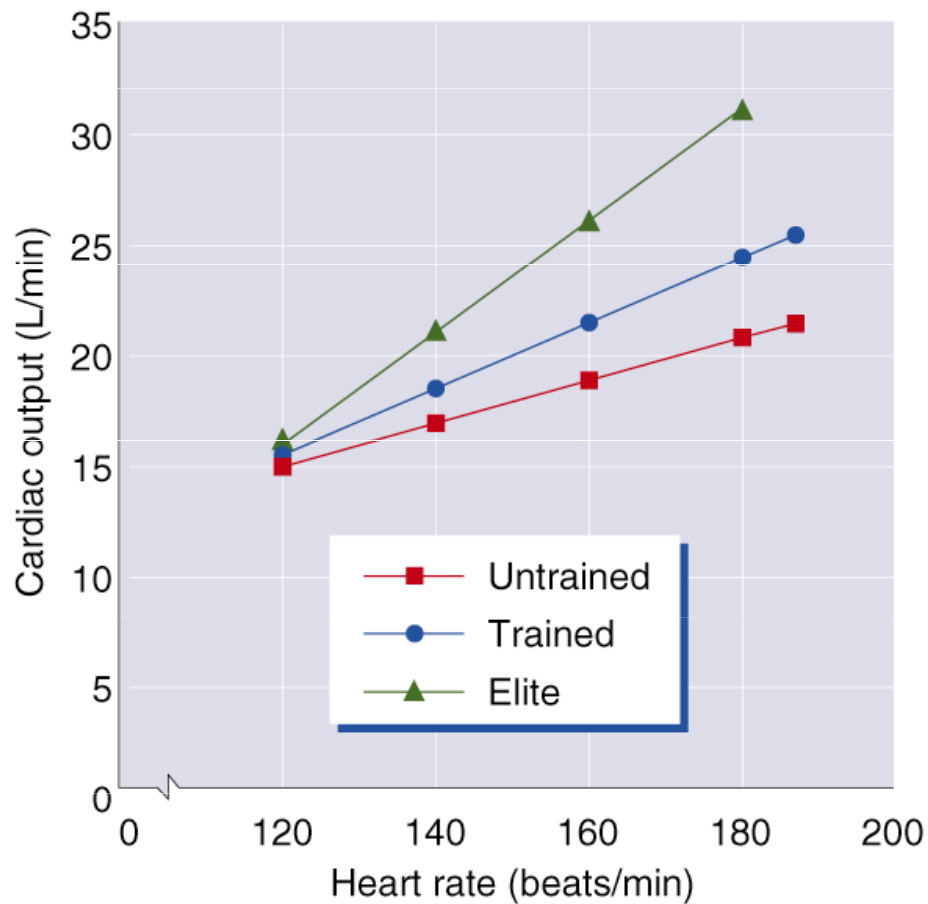
MINUTOVÝ OBJEM (CARDIAC OUTPUT) A INTENZITA ZATÍŽENÍ

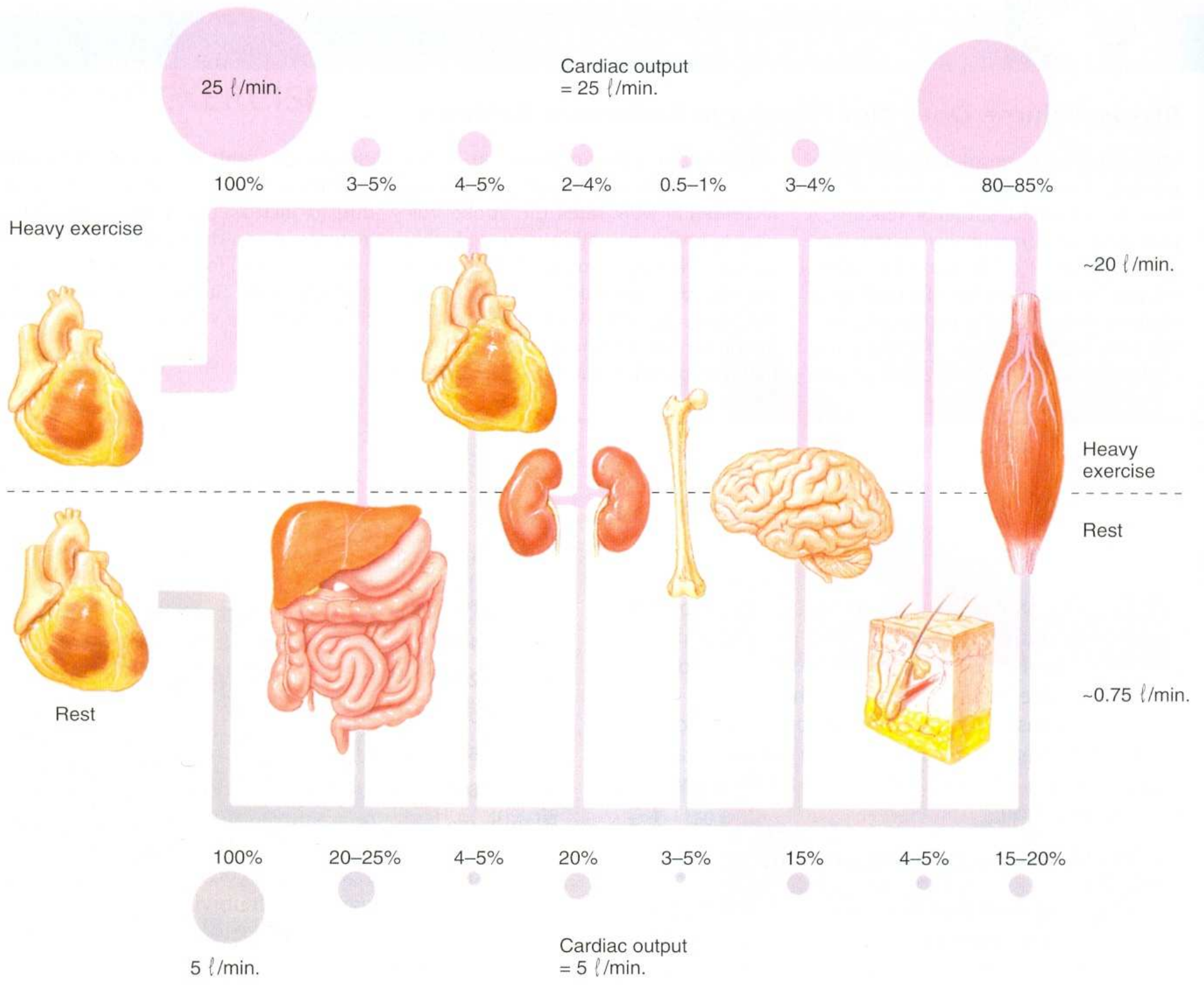


MINUTOVÝ OBJEM A VLIV TRÉNINKU

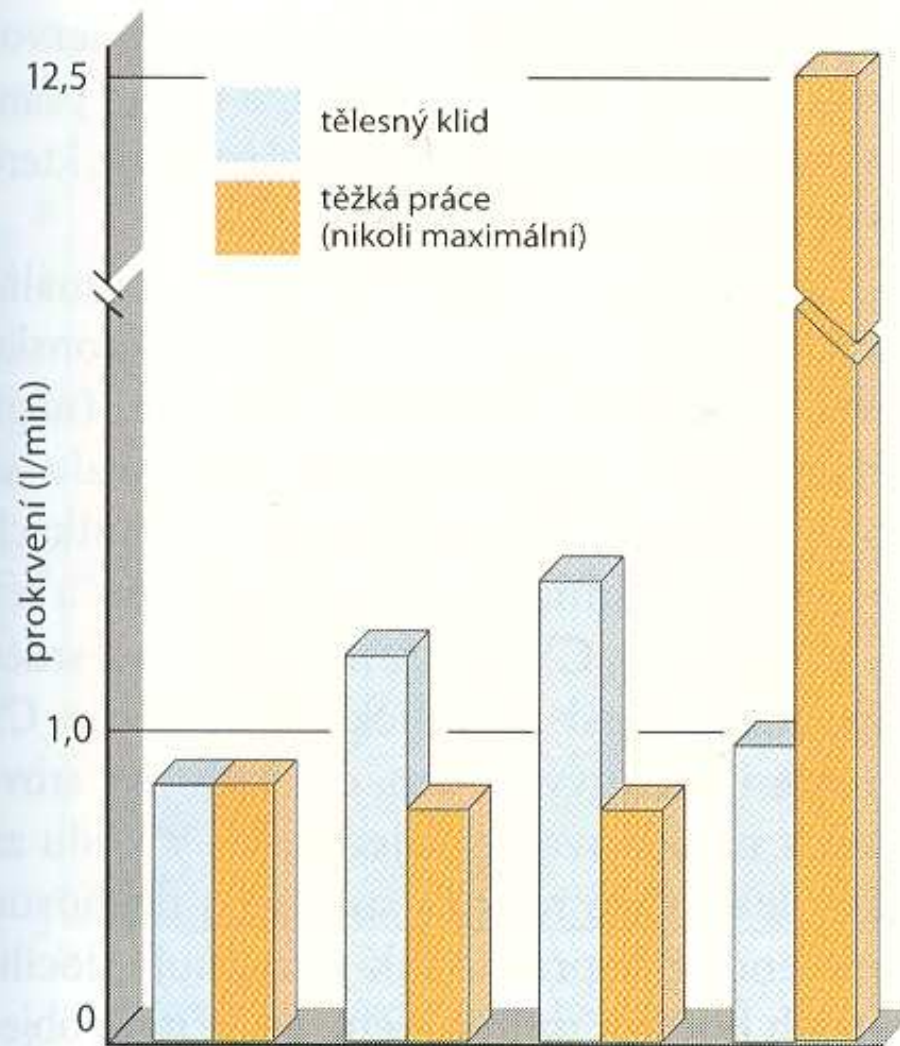


ZMĚNY \dot{Q} A Q_s S ROSTOUCÍ INTENZITOU ZATÍŽENÍ





A. Prokrvení orgánů v klidu a při tělesné práci



CNS



ledviny



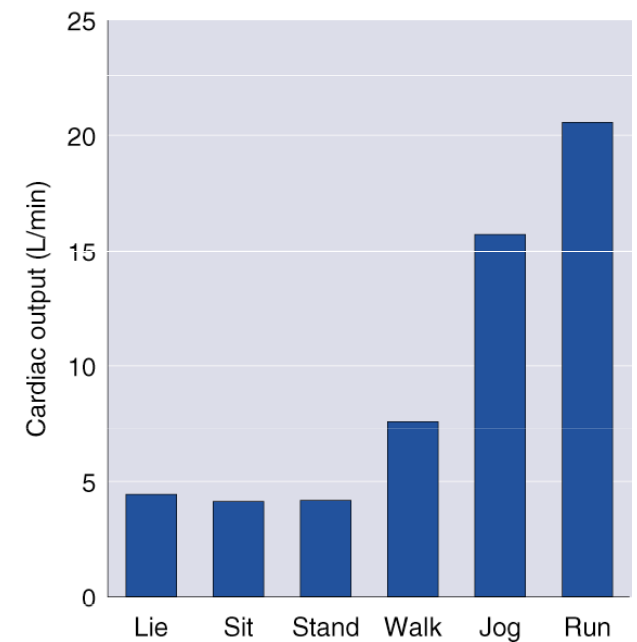
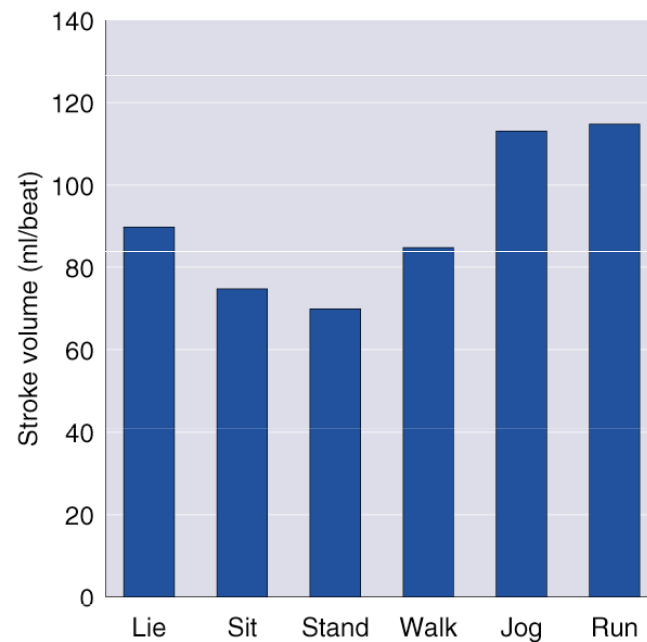
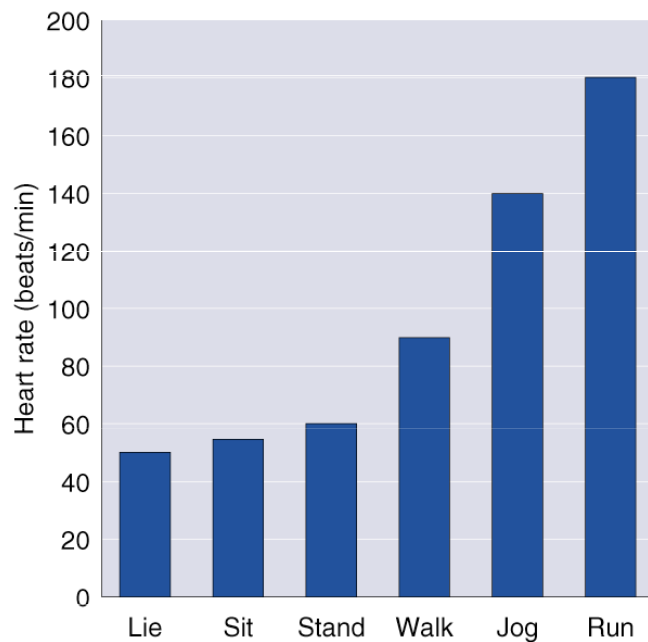
trávicí
ústrojí



svaly



ZMĚNY SF, Q_s A \dot{Q} PŘI ZATÍŽENÍ RŮZNOU INTENZITOU



KREVNÍ TLAK

- Tlak systolický – tlak měřený při stahu komor (systole): 100 – 160 mm Hg
- Tlak diastolický – tlak měřený při uvolnění komor (diastole) < 90 mm Hg
- vyšší než 160/90 mm Hg – hypertenze
- nižší než 90/60 mm Hg - hypotenze

TK (mmHg)

Vyhodnocení	Systolický tlak	Diastolický tlak
optimální	do 120	do 80
normální	do 130	do 85
Hranice normálních hodnot	130 - 139	85 - 89
Hypertenze I. stupně	140 - 159	90 - 99
Hypertenze II. stupně	160 - 179	100 - 109
Hypertenze III. stupně	nad 180	nad 110

Tlak krve

- hlavním činitelem ovlivňující TK jsou činnost srdce a periferní odpor
- se může změnit změnami minutového objemu srdce
- při zúžení cév (vasokonstrikci) se periferní odpor a tedy i TK zvýší a naopak, při rozšíření cév (vasodilataci) se oba ukazatelé sníží

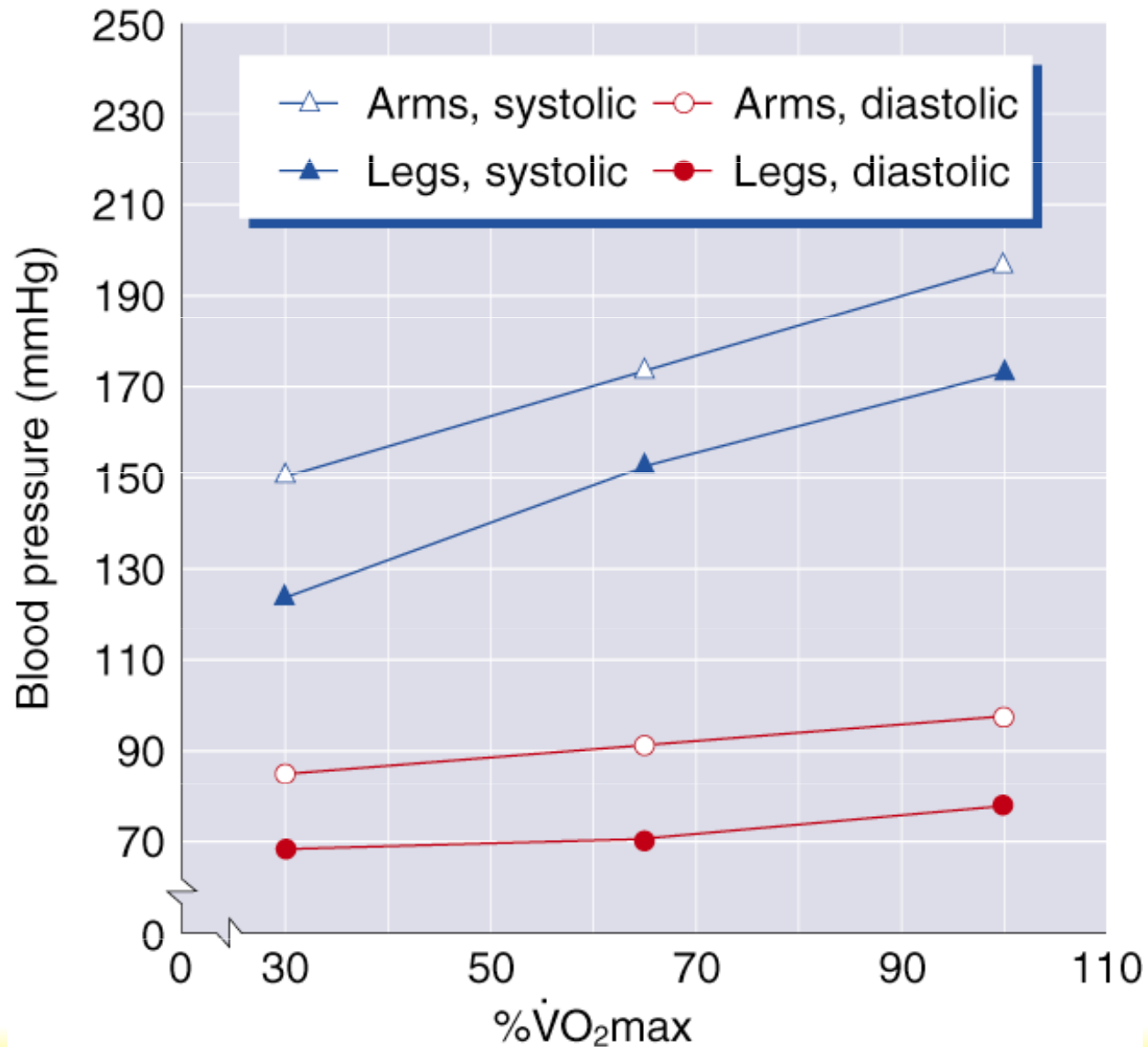
TK při tělesném zatížení

- se stoupající velikostí sportovního srdce stoupá při zatížení systolický tlak při určité SF
- diastolický tlak zůstává nezměněný nebo dokonce i mírně klesá

Hodnoty TK při zatížení různé intenzity a délky trvání

	sTK	dTK
Krátkodobé zatížení max. intenzity	150-190	80-110
Zatížení submaximální intenzity	180-240	40-100
Dlouhodobé zatížení střední intenzity	130-170	80
Statické krátkodobé zatížení	140-160	80-100

REAKCE KREVNÍHO TLAKU (BLOOD PRESSURE)



- TK se může změnit i bez tělesného zatížení jako reakce na měnící se podmínky vnějšího prostředí.
- Tlak stoupá při psychickém podráždění, ale i při změně polohy těla z lehu do stoje

Krevní oběh

složka transportního kardiorespiračního systému
změny:

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

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

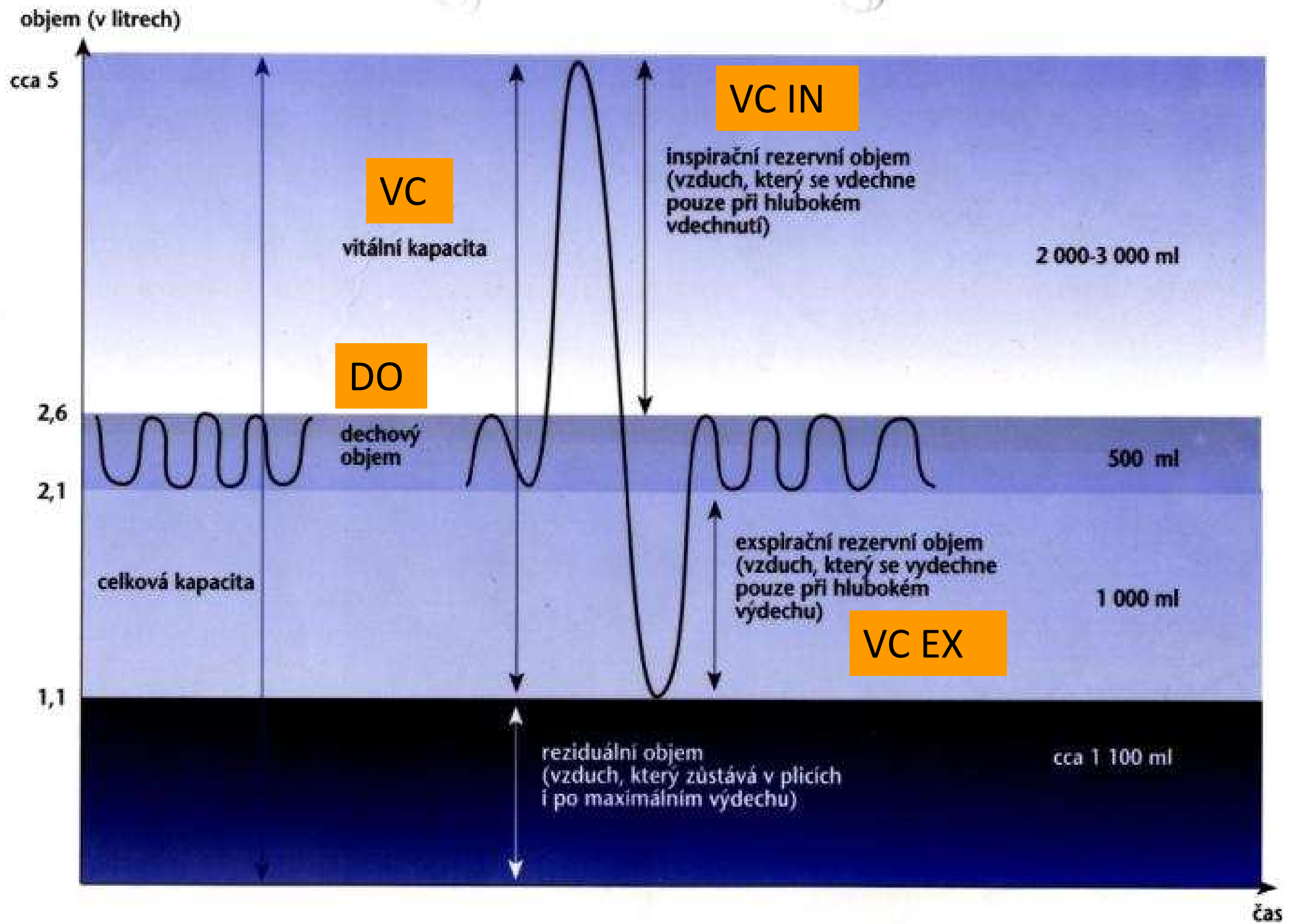
- klidové hodnoty kolem 5 litrů/min
- při výkonu zvýšení na 25-35 litrů/min
- roste s minutovou spotřebou kyslíku

REAKCE NA ZÁTĚŽ

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

RESPIRAČNÍ SYSTÉM

- Dechová frekvence (DF)
- Dechový objem (DO)
- Minutová ventilace (MV)
- Maximální minutová ventilace (MMV)
- Vitální kapacita (VC)
 - IRV, ERV, DO, RV



DECHOVÁ FREKVENCE DF (BREATHING FREQUENCY BF)

Dechová frekvence je počet dechů za minutu:

DF klid= 16 (dechů/min) (10 u vytrvalostně trénovaných)

DF (nízká intenzita zatížení) = 20-30

DF (střední intenzita zatížení) = 30-40

DF (submaximální-max. intenzita zatížení) = 50-60



DECHOVÝ OBJEM DO (TIDAL VOLUME VT)

Dechový objem(l) je objem vzduchu, který nadechneme (vydechneme) při jednom nádechu (výdechu).

DO klid = 0,5 l (1 l u vytrvalostně trénovaných)

DO (nízká intenzita zatížení) = 1-1,5 l

DO (střední intenzita zatížení) = 1,5-2 l

DO (submaximální – max. intenzita zatížení) = 2-3 l



MINUTOVÁ VENTILACE MV (MINUTE VENTILATION VE)

Minutová ventilace (\dot{V}_E) je objem vzduchu, který prodýcháme během 1 min ($MV=DO*DF$).

$$\dot{V}_E \text{ klid} = 8 \text{ l}$$

$$\dot{V}_E \text{ (lehká intenzita zatížení)} = 40 \text{ l}$$

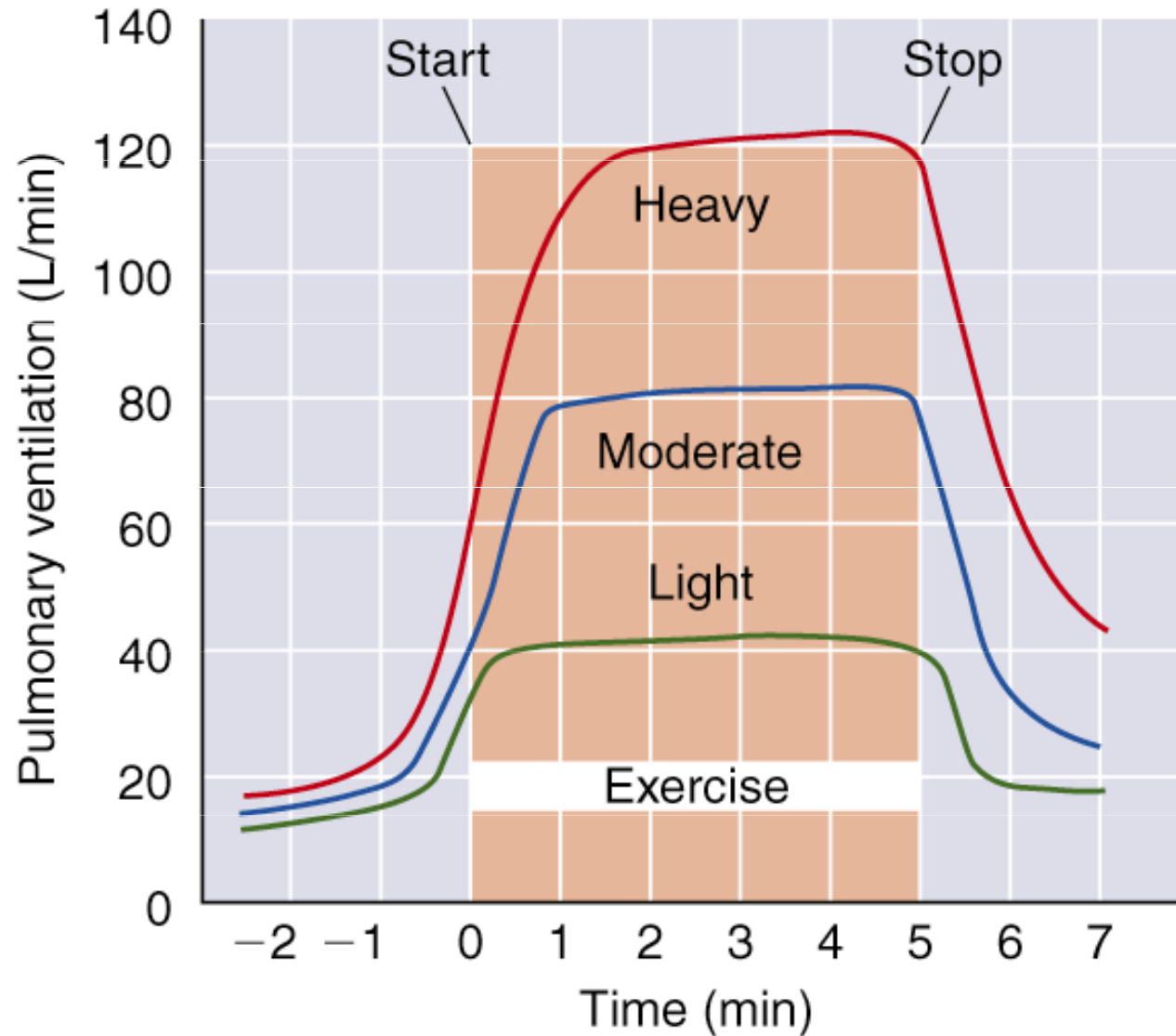
$$\dot{V}_E \text{ (střední intenzita zatížení)} = 80 \text{ l}$$

$$\dot{V}_E \text{ (submaximální-max. intenzita zatížení)} = 120 \text{ l}$$

(180l u vytrvalostně trénovaných)



VENTILATORY RESPONSE TO EXERCISE



Minutová ventilace (MV)

Minute ventilation (VE)

- závisí na obsahu O_2 a CO_2
- minutová ventilace po skončení práce klesá nejdříve rychle, pak pozvolněji

Maximální minutová ventilace (MMV) Maximum voluntary ventilation (MVV)

- **volní:**

měřena v klidových podmínkách;
muži asi 100-150 l/min,
ženy 80-100 l/min

- **pracovní:**

je asi o 20 % ↓ než volní

Spotřeba kyslíku



- souhrnný ukazatel vnějšího a vnitřního dýchání a transportu dýchacích plynů
- záleží na tom, kolik litrů vzduchu plícemi prodýcháme a kolik kyslíku ze vzduchu jsme schopni využít

Maximální spotřeba kyslíku Maximum oxygen uptake (VO_2max)

= max. aerobní výkon

nejvyšší v 18 letech: muži 46.5 ml/kg/min

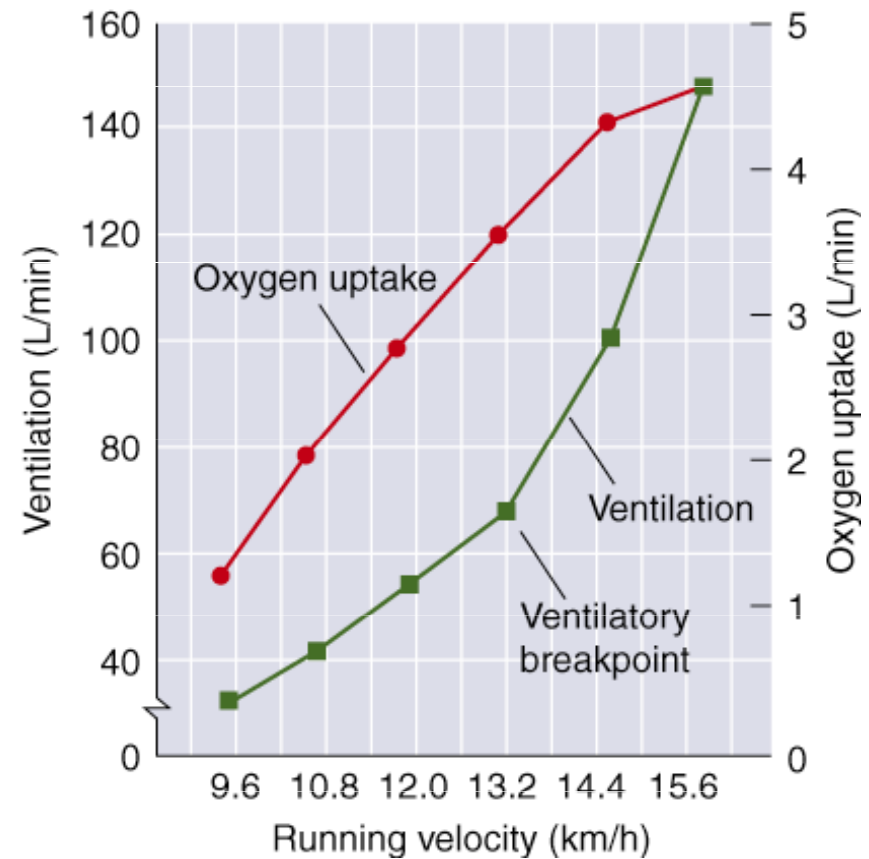
ženy 37 ml/kg/min

- postupně klesá s věkem

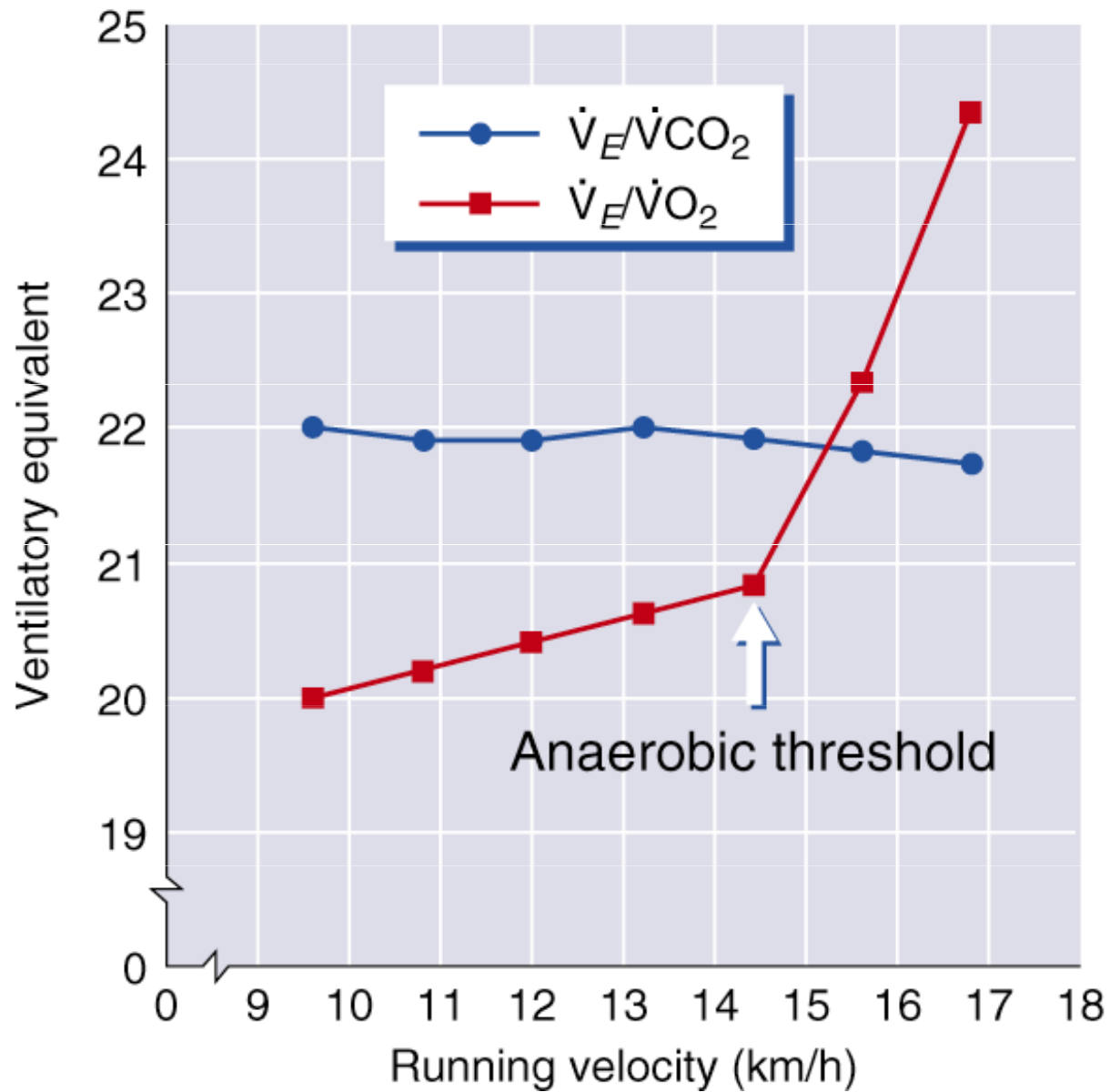
závisí na: ventilace, alveolokapilární difúze,
transport oběhovým systémem, tkáňová
difúze, buněčná oxidace

\dot{V}_E A $\dot{V}O_2$ BĚHEM ZATÍŽENÍ

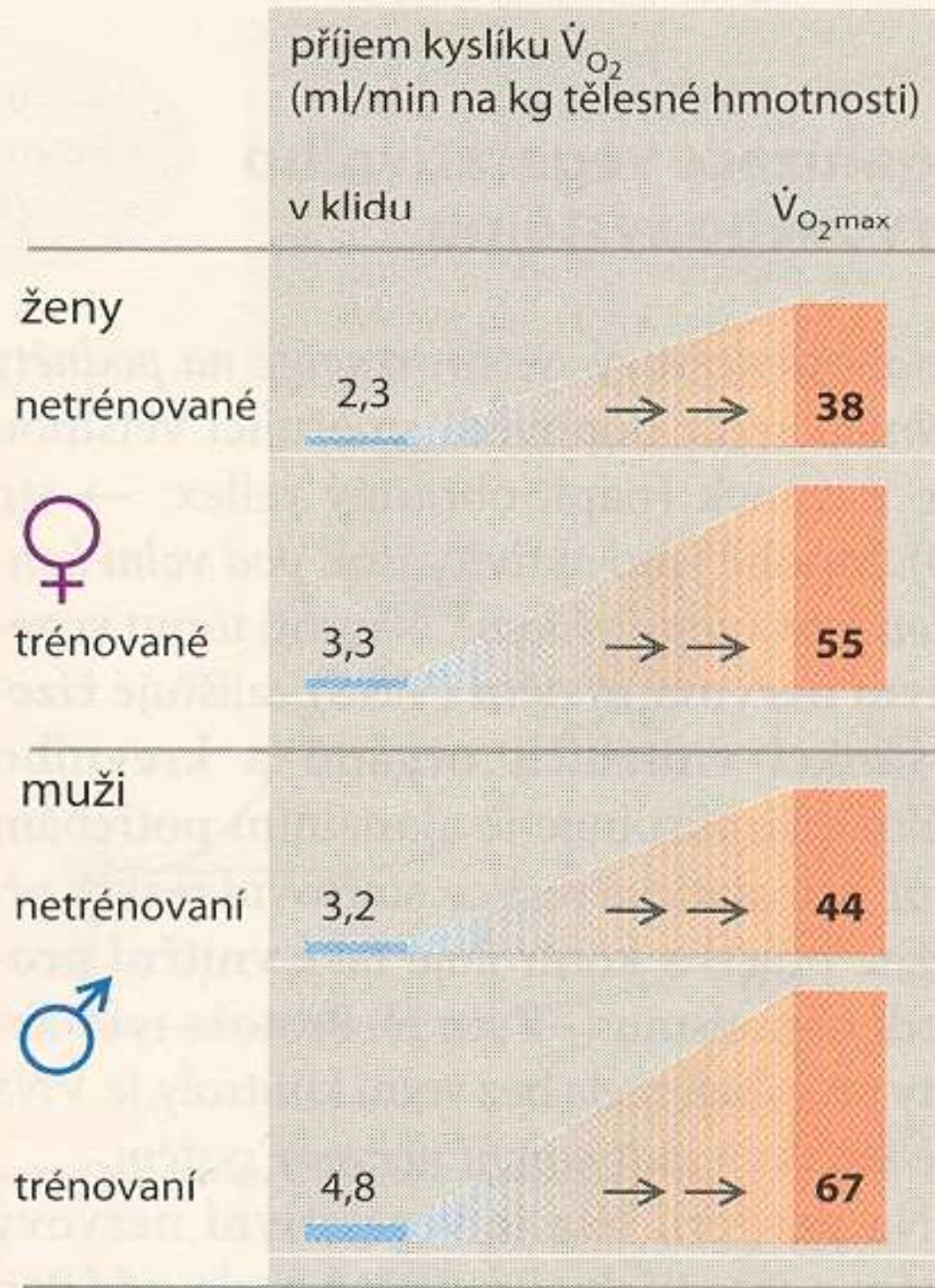
Running speed (km/h)	$\dot{V}_E/\dot{V}O_2$
9.6	21.5
10.8	20.0
12.0	20.4
13.2	20.3
14.4	24.9
15.6	33.3



$\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$ A $\dot{V}_E/\dot{V}O_2$



B. Maximální příjem O₂

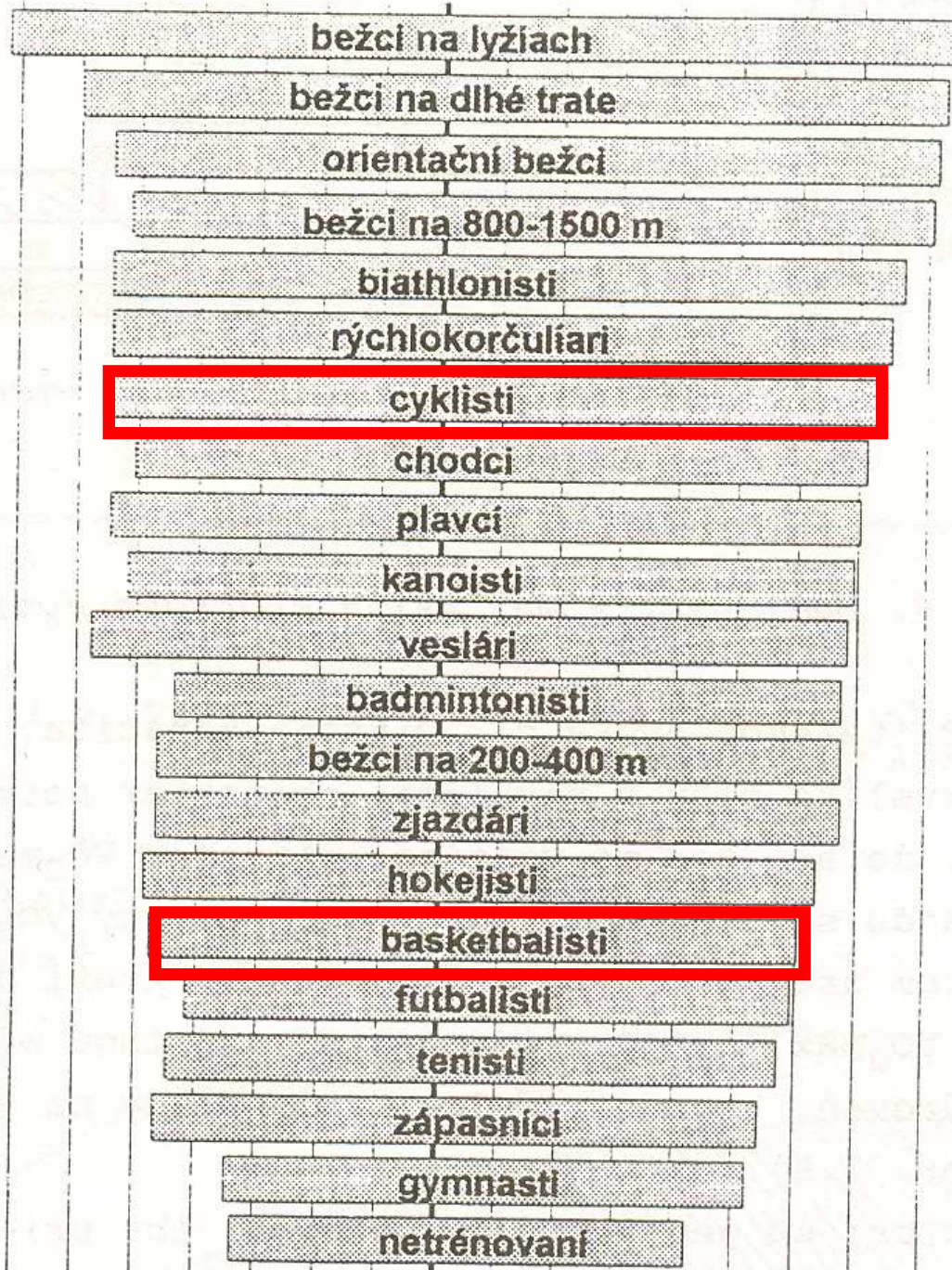


VO2max

(l/min)

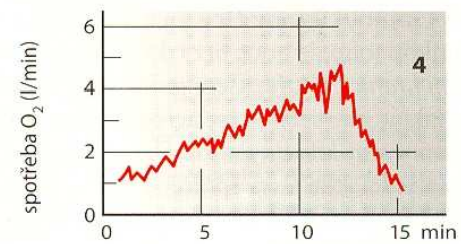
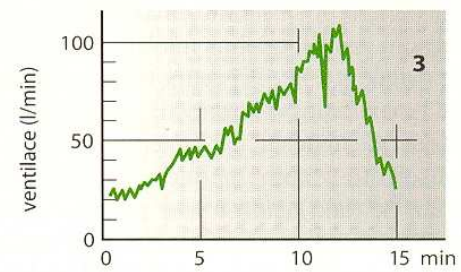
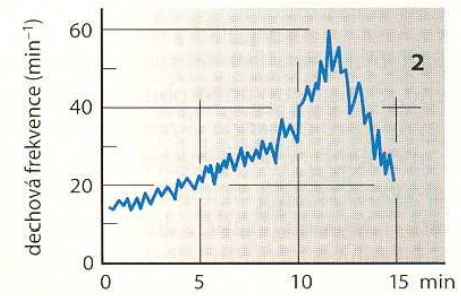
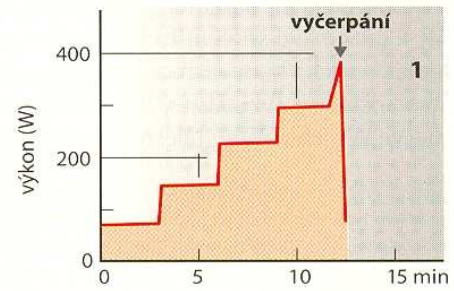
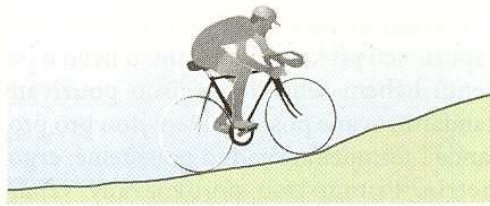
(ml/kg.min)

6 4 2 0 20 40 60 80



6 4 2 0 20 40 60 80

C. Dýchání při tělesné námaze



Dýchací systém

složka transportního kardiorespiračního systému
změny:

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

Změny reaktivní

- fáze úvodní = ↑ DF a ventilace před výkonem

mechanismus: emoce (více u osob netrénovaných)
a podmíněné reflexy (převládají u trénovaných
osob)

startovní a předstartovní stavy

Změny reaktivní

- fáze průvodní = při vlastním výkonu roste DF a ventilace nejdříve rychle (fáze iniciální),
→ zpomalení, → při déletrvající zátěži (více než 40-60s) se může projevit mrtvý bod

Změny reaktivní

-fáze následná = návrat ventilačních parametrů
k výchozím hodnotám, zpočátku rychleji,
postupně pomalejší

INTENZITA	MAXIMÁLNÍ	SUBMAXIMÁLNÍ	STŘEDNÍ krátká	STŘEDNÍ dlouhá	NÍZKÁ
trvání	sekundy	desítky sekund	minuty	desítky min	hodiny
SF (tepů/min)	160 - 190	180 - 190	170 - 190	140 - 170	100 - 130
TK (mmHg)	180/75 – 200/75	180/75 – 230/0	170/75 – 200/70	130/80 – 160/75	120/80 – 130/80
Q (l/min)	10 - 20	25 - 35	25 - 35	25 - 30	8 - 10
Q _s (ml)	80 - 120	100 - 180	100 - 180	100 - 150	80 - 100
DF (dechů/min)	0 - 30	30 - 60	30 - 60	25 - 40	15 - 25
DO (l)	0 - 3,0	2,5 - 4,0	2,5 - 3,5	2,5 - 3,5	1,0 - 2,0
VE (l/min)	0 - 80	80 - 130	80 - 130	60 - 100	15 - 30
VO ₂ (ml/min/kg)	3,5 - 11,5	50,0 - 78,5	57,0 - 71,5	28,5 - 57,0	7,0 - 21,5
LA (mmol/l)	1,7 - 3,3	16,7 - 27,8	6,7 - 16,7	1,7 - 8,9	1,3 – 2,0
aktivity	sprint	400, 800 m	1,5 a 3 km	10 km	maraton