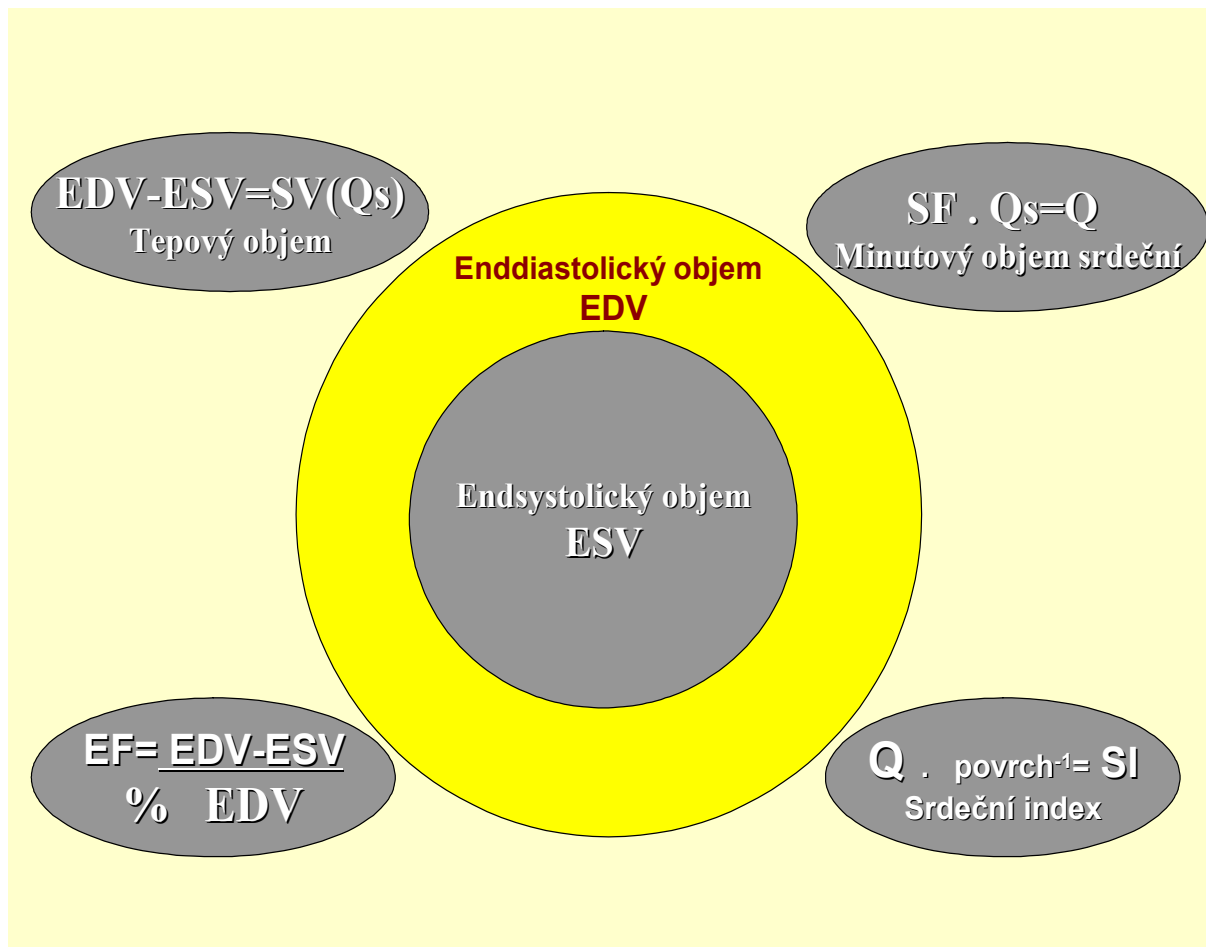


5.1 KARDIOVASKULÁRNÍ SOUSTAVA

Velmi zjednodušeně lze srdce přirovnat k jednosměrnému čerpadlu. Krev je uváděna do pohybu rytmickým střídáním kontrakce (systola) a relaxace (diastola) srdečního svalu. Jednosměrný pohyb krevního proudu je zabezpečován systémem srdečních chlopní. Množství krve vypuzené z levé komory jedním stahem, systolou, je systolický objem neboli objem tepový (Q_s). Klidové hodnoty jsou u dospělých lidí 60 – 80 ml. Specializovaná srdeční tkáň tzv. převodní soustava srdeční má schopnost tvořit elektrické impulsy a převádět je tak, aby došlo k optimálnímu stahu srdečních předsíní a komor. Součástí převodní soustavy srdeční je i sinusový (sinoatriální) uzel, který elektrické impulsy tvoří nejrychleji. Za normálních okolností je tedy srdce ovládáno sinusovým uzlem, přirozeným udavatelem srdečního rytmu (hovoříme o sinusovém rytmu), který vydává v tělesném klidu pravidelné impulsy v rozmezí $60 - 100 \cdot \text{min}^{-1}$. Snížení počtu tepů pod 60 za jednu minutu označujeme jako bradykardii, zvýšení nad 100 za minutu jako tachykardii. Vynásobíme-li systolický objem počtem tepů za jednu minutu získáme minutový objem srdeční (Q). Klidové hodnoty jsou 4 – 5 l. Minutový objem přepočtený na povrch těla je srdeční index (SI). Množství kyslíku, které se přepraví jedním tepem do periferie ke tkáním označujeme jako tepový kyslík ($\text{VO}_2 \cdot \text{SF}^{-1}$).

Poměr systolického objemu k objemu komory na konci diastoly se nazývá ejekční frakce levé komory (EF). Je nejužívanějším a nejjednodušším vyjádřením její funkce. Norma je 55 – 75 %. Krevní tlak je ovlivňován řadou složitých mechanismů jak centrálních (plnění srdečních oddílů, stažlivost srdeční svaloviny), tak periferních (vlastnosti cévního řečiště). Měříme tlak systolický/diastolický. Hodnoty v klidu 140/90 mmHg a vyšší označujeme jako hypertenzi, nižší hodnoty než 110/60 mmHg u mužů a 100/60 mmHg u žen jako hypotenzi.



Obr. č. 9 Srdeční objemy a odvozené veličiny

5.1.1 Reakce na dynamickou zátěž

Pro dynamickou zátěž je charakteristické cyklické zatížení se střídáním napětí a uvolnění svaloviny (izotonická svalová kontrakce). To příznivě ovlivňuje krevní oběh, přívod živin a kyslíku k pracujícím svalům i odvod zbytků látkové výměny.

Reakce kardiovaskulárních hodnot na tuto zátěž závisí především na druhu, intenzitě a délce trvání zátěže i individuálních vlastnostech jedince a řadě zevních vlivů.

Reakce probíhá ve třech fázích. Úvodní fáze předchází vlastnímu fyzickému výkonu. SF se zvyšuje nad obvyklou klidovou hodnotu vlivem emocí a podmíněných reflexů v komplexu změn, které označujeme jako předstartovní stavy. Je pozorována určitá závislost na předpokládané náročnosti zátěže.

Pro průvodní fázi je typický prudký vzestup v iniciální fázi, poté následuje pozvolnější vzrůst a SF se ustálí na hodnotě odpovídající ustálenému stavu (steady-state), pokud intenzita zátěže nepřesahuje úroveň ANP. Při jejím překročení SF dále narůstá. Následná fáze po ukončení

zátěže začíná prudkým poklesem, později klesá pozvolněji. Výchozí hodnoty mohou být dosaženy až po desítkách minut.

Tepový objem se při zátěži zvyšuje z klidových hodnot na dvojnásobek (120 – 150 ml), nejvyšších hodnot dosahuje při srdeční frekvenci kolem 110 – 120 tepů za minutu. Při dalším zvyšování zátěže již zůstává konstantní. Minutový objem srdeční se může zvýšit až pětinásobně (ze 4 – 5 l na 20 – 25 za minutu). Při zátěžích blízcích se maximu při frekvencích kolem 180 – 190 tepů za minutu dochází k významnému zkrácení doby nutné k optimálnímu plnění srdečních komor a tepový objem i minutový objem srdeční se u netrénovaných jedinců snižují. Pokles vede k přerušení zátěže (Havlíčková, 2004).

Systolický krevní tlak (TKs) se při dynamické zátěži zvyšuje, při konstantních zátěžích nižší až střední intenzity dosahuje brzy rovnovážného stavu. Diastolický tlak zůstává bez výraznějších změn.

Zátěže vyšších intenzit vedou k dalšímu postupnému zvyšování TKs. Nejvyšší hodnoty byly měřeny při submaximálních zátěžích (180 – 240mm Hg) s poklesem k výchozím hodnotám za 30 – 60 min. Při maximálním krátkodobém zatížení je vzestup TKs méně výrazný a doba návratu po přerušení činnosti k původním hodnotám kratší. Diastolický tlak TKd může vzhledem k rozšíření (dilataci) periferních cév klesat, v některých případech naopak i stoupat.

5.1.2 Reakce na statickou zátěž

Pro statickou zátěž je typické vydávání síly bez pohybu (izometrická svalová kontrakce). Statické zatížení je většinou spojeno s udržováním předmětů v určité poloze.

Odpověď krevního tlaku na statickou zátěž může být extrémní. Při vysoké intenzitě tréninku u vzpěračů, kde je větší podíl statické složky zátěže, byly popsány hodnoty TK přesahující 480/350 mmHg (Robergs, 1996). Rozdíly v reakci základních parametrů

dynamické a statické zatížení jsou patrný na obr.č. 10.

Zatížení	dynamické	statické
• Srdeční frekvence	↑↑	↑
• Periferní odpor	↓↓	↑↑↑
• Systolický TK	↑↑↑	↑↑↑↑
• Diastolický TK	0 ↑ ↓	↑↑
• Systolický objem	↑↑	0
• Minutový srdeční výdej	↑↑↑↑	↓

Obr. č. 10 Reakce základních hemodynamických parametrů na dynamické a statické zatížení (modifikováno podle Dehn, M. M. a kol., 1978; cit. Placheta, Z. a kol., 1999)

5.1.3 Adaptace

Klidová SF je u trénovaných nižší než u netrénovaných. Tzv. sportovní bradykardie je výrazem převahy vlivu parasympatické větve autonomního nervového systému (vagotonie) nad sympatikem. Byly pozorovány extrémně nízké SF pohybující se mezi 30 – 35 tepy. U dobře trénovaných atletů se klidové hodnoty tepového objemu zvyšují na 80 – 100 ml a na 160 – 200 ml v průběhu maximální zátěže.

Trénovaní jedinci dosahují ve srovnání s osobami s průměrnou výkonností stejných výkonů při nižší tepové frekvenci. Rychlost návratu srdeční frekvence po ukončení zátěže k původním hodnotám je u trénovaných výraznější.

Tlakové zatížení srdeční svaloviny při silových disciplínách stimuluje paralelní zmnožení (replikaci) sarkomer a může vést ke ztluštění srdečních stěn s normální nebo dokonce zmenšenou velikostí dutin (koncentrická hypertrofie).

Trénink	vytrvalostní	silový
• Denzita kostní tkáňe	↑↑	↑↑
• % tuku	↓↓	↓
• Aktivní svalová hmota	→	↑↑
• Síla	→	↑↑↑
• Bazální hladina inzulínu	↓	↓
• Inzulínová senzitivita	↑↑	↑↑
• HDL cholesterol	↑→	↑→
• LDL cholesterol	↓→	↓→
• Klidová SF	↓↓	→
• Tepový objem v klidu	↑↑	→
• maximální	↑↑	→
• Klidový krevní tlak		
• Systolický	↓→	→
• Diastolický	↓→	↓→
•		
• VO ₂ max	↑↑↑	↑→
• Bazální metabolismus	↑	↑↑

Obr. č. 11 Rozdíly v adaptaci na vytrvalostní a silový trénink (modifikováno podle: Pollock, M. L. a kol., 2000)

Objemové zatížení srdeční svaloviny při vytrvalostních aktivitách vede ke zvětšení srdečních dutin při normální nebo jen hraniční šíři stěn. Dochází k tzv. regulativní dilataci s dobrou kontraktilitou, lepším využíváním laktátu jako energetického zdroje. Má menší nároky na dodávku kyslíku. Po ukončení tréninku tyto adaptační změny ustupují, velikost dutin i šíře srdečních stěn se postupně vrací k výchozímu stavu.