

Regenerace a kompenzace ve sportu

Seminář č. 3

Biologické ukazatele odezvy adaptace na
zátěž, únavy a regenerace sil

Informace o stimulu vs. informace o reakci na stimul

Ukazatelem odezvy na zátěž je údaj o stavu fyziologické funkce organismu, nikoliv údaj o absolvované zátěži

Objem, čas, intenzita pohybové zátěže informují o podnětu > stimulace > reakce

Reakce = změny ve fyziologických funkcích (během/po zátěži)



Ukazatele odezvy na zátěž

- Subjektivní pocity
- Test mluvení
- Antropometrické ukazatele
- Morfologické zobrazovací metody
- Dynamometrické ukazatele
- Kardiovaskulární ukazatele
- Spirometrické ukazatele
- Spiroergometrické ukazatele
- Biochemické ukazatele
- Hematologické ukazatele
- Imunologické ukazatele
- Endokrinologické ukazatele
- Termodynamické ukazatele

Subjektivní pocity, test mluvení

- Pro vyjádření subjektivního pocitu sportovce
- Pocit zátěže
 - Borgova škála
 - Fosterova škála
- Pocit bolesti
 - Borgova škála
- Test mluvení

Borgova škála pro pocit zátěže (TM = test mluvení), Regenerace a výživa ve sportu, kolektiv autorů 2020

Číslo	Slovní hodnota
6	
7	Velmi velmi lehká
8	
9	Velmi lehká
10	
11	Lehká
12	TM
13	Poněkud namáhavá
14	
15	Namáhavá
16	
17	Velmi namáhavá
18	
19	Velmi velmi namáhavá
20	

Upravená Borgova škála – Foster et al 2001

Rating	Descriptor
0	Rest
1	Very, Very Easy
2	Easy
3	Moderate
4	Somewhat Hard
5	Hard
6	.
7	Very Hard
8	.
9	.
10	Maximal

Borgova škála podle Čechovské a Dobrého (2008)		
Škala	Popis stupňů	% SFmax
1	velmi malá námaha	60 - 70%
2	malá námaha	70 - 72,5%
3	mírná námaha	72,5 - 75%
4	větší, stále zvládnutelná námaha	75 - 80%
5	velká námaha	80 - 85%
6	vysoká námaha	85 - 90%
7	velmi vysoká námaha	90 - 94%
8	extremně velká námaha	94 - 97,5%
9	téměř maximalni námaha	97,5 - 100%
10	vyčerpání	100%

Antropometrické ukazatele

Hmotnost

Tělesná voda

Tělesný tuk

Svalová hmota

Kostní hmota

Tělesná hmotnost

- V průběhu dne kolísá (1-2 %, např. 0,5-1kg), u sportovců větší postavy 2-3kg
- Vážení?
- Nárůst hmotnosti
 - Příjem a zadržování tekutin
 - Anabolické pochody (svaly, tuk)
- Snížení hmotnosti
 - Ztráta tekutin, pocení, vyloučení odpadních látek (moč, stolice)
 - Katabolické pochody (svaly, tuk)



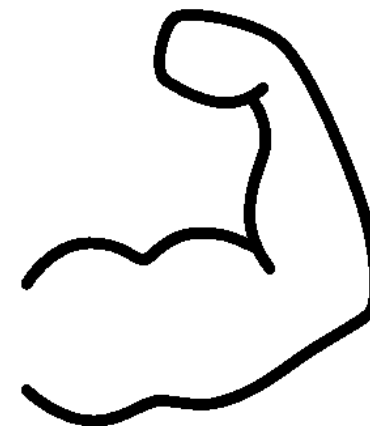
Tělesná voda

- Zvětšení objemu > zvýšený příjem tekutin, otok tkáně
- Zmenšení objemu > pocení, moč
- Změny se projevují okamžitě (hmotnost)



Tělesný tuk / Svalová hmota

- Zvětšení tukové složky
 - Při převládajícím anabolismu
- Zmenšení tukové složky
 - Při převládajícím katabolismu
- Zvýšení svalové hmoty
 - Při převládajícím anabolismu (bílkoviny, trénink)
- Snížení svalové hmoty
 - Převládající katabolismus (deficit, absence pohyb. Aktivity)
 - sarkopenie



Hustota kostní tkáně

- Zvýšení hustoty
 - Adaptace na mechanickou zátěž
- Snížení hustoty (osteoporóza)
 - Úbytek kostní tkáně , porucha architektiky, pružnosti a pevnosti
 - Nedostatek Vit. D, Ca
 - Endokrinní poruchy (nedostatek estrogenu, hormonů štítné žlázy, inzulínu, růstového hormonu – především u žen
 - Přetížení vytrvalostním běžeckým tréninkem – častěji u žen
 - Přetrénování



Morfologické zobrazovací metody

- Tyto metody se v praxi příliš nepoužívají
- Patří zde např.:
 - Histologická analýza
 - Magnetická rezonance
 - Počítačová tomografie
 - Ultrasonografie
- Zobrazovací metody orgánů a tkání



CT scan - wikipedia

Dynamometrické ukazatele

Maximální svalová síla

Dynamický výkon

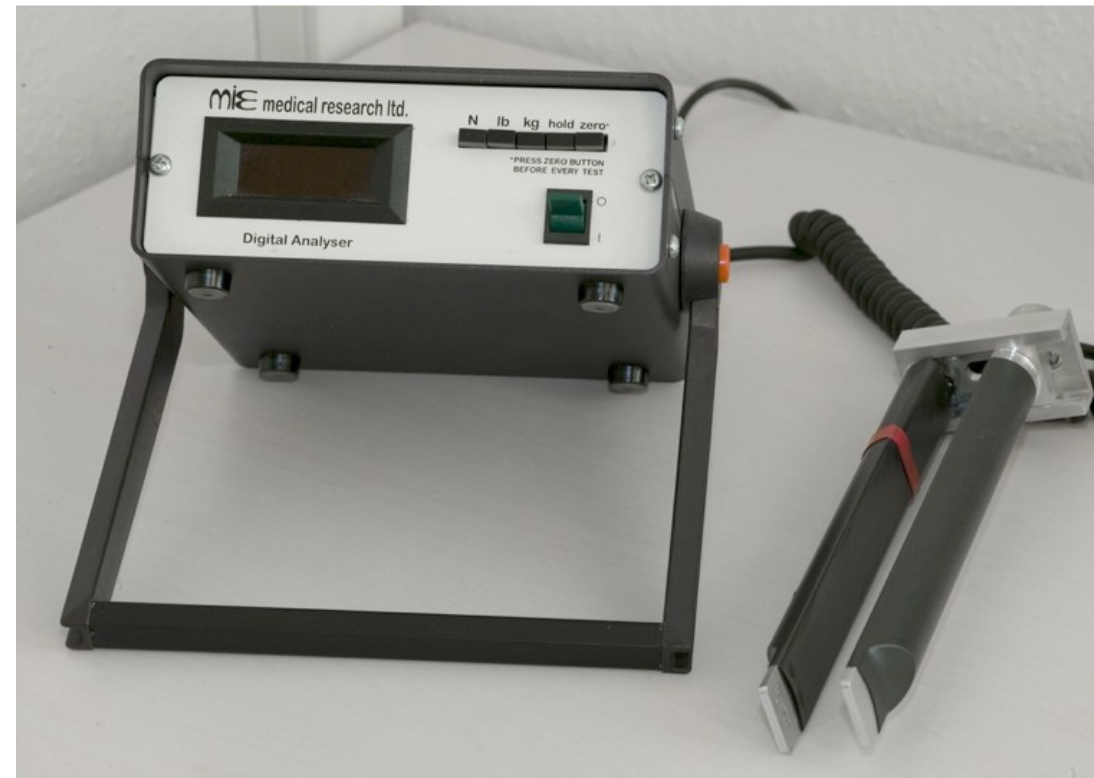
Maximální dynamický výkon při výskokové ergometrii

Wingate test

Index W_{170}

Maximální svalová síla

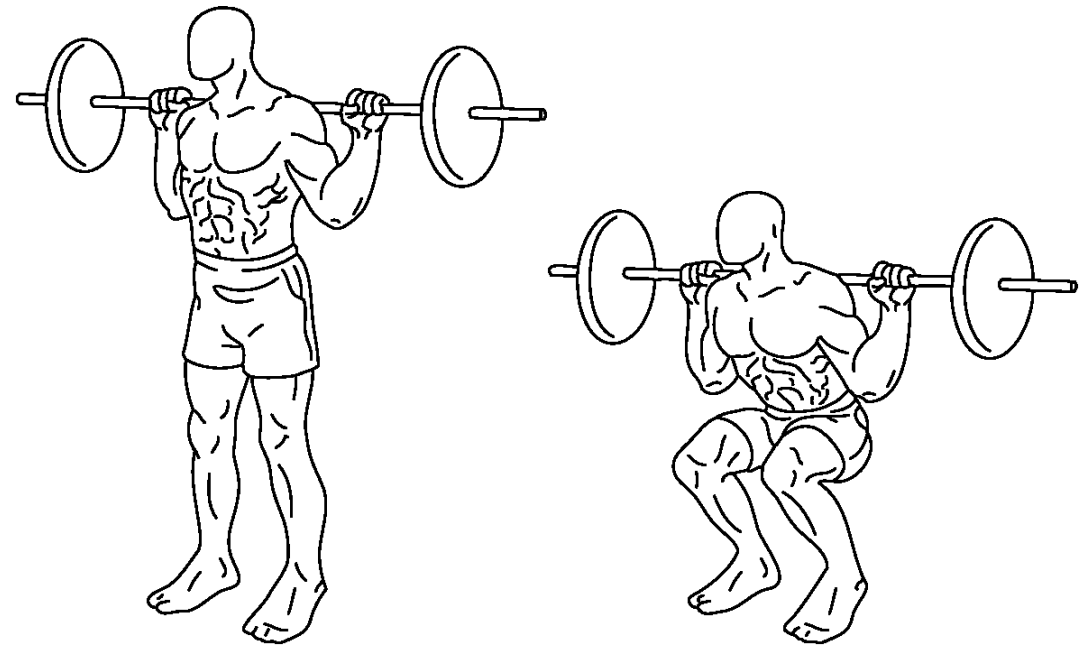
- Nejvyšší dosažená statická či dynamická síla
 - Např. dynamometr
- Po fyzické zátěži ↓ max. volní statická i dynamická síla
- Míra a trvání → závislé na předchozí zátěži



Zdroj: <https://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-10/06.html>

Dynamický výkon

- jednou opakovatelné maximum (1RM)
- Závaží, které nejsme schopni zvednout 2x po sobě
- V důsledku únavy ↓
- Max. dynamický výkon při výskokové ergometrii
 - Po zátěži o velkém objemu práce > ↓ výkonu
 - Např. po uběhnutí maratónu > ↓ o 11 %



zdroj: wikipedia.org

Wingate test



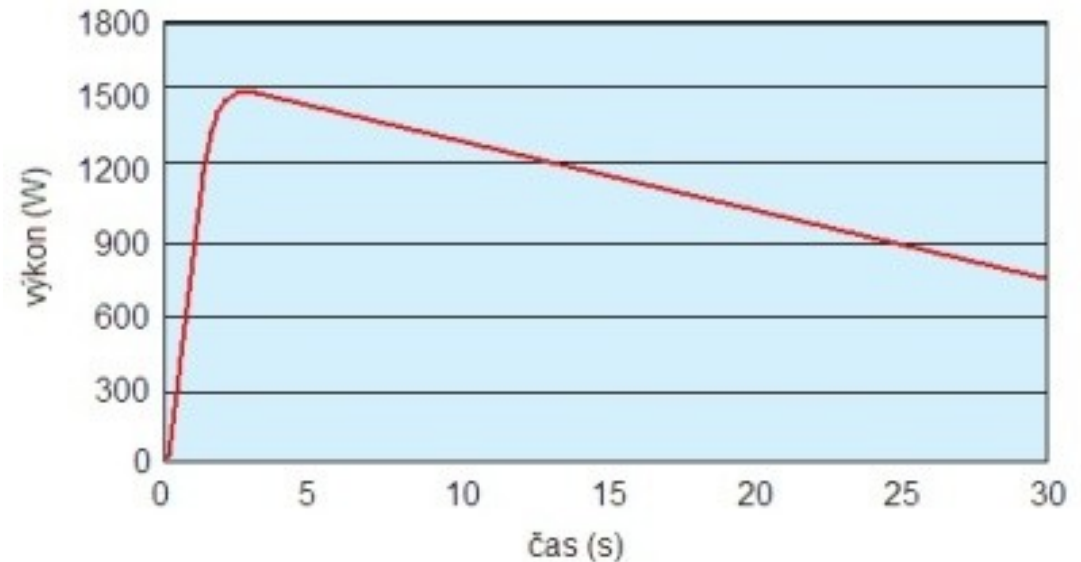
- Ukazatel anaerobní výkonnosti – max. úsilí po dobu 30 vteřin
- Zátěž = konstantní odpor pedálů (7,5 N/kg)
- Ukazatele:
 - Maximální výkon
 - Průměrný výkon
 - Celková práce
 - Index únavy

Výrazné snížení při akutní/chronické únavě

Zdroj: <https://guelphstorm.com/article/hill-places-top-10-in-two-categories-at-nhl-combine>

Wingate test

- Index únavy
 - Pokles výkonnosti v průběhu testu
 - Udává se v % a ukazuje na míru únavy v průběhu testovaného anaerobního výkonu
- $$\frac{(W_{max} - W_{min}) * 100}{W_{max}}$$
- Je výrazně vyšší v důsledku únavy ze zátěže před testem



Výsledek Wingate testu, zdroj : <https://www.fsps.muni.cz/inovace-SEBS-ASEBS/elearning/fyziologie/zatezove-testy>

Nastavení konstantního odporu během Wingate testu

zdroj: Zátěžová diagnostika v tělovýchovné a sportovní praxi, Struhár a kol.(2019)

Tab. 5 Nastavení konstantního odporu na základě aktuální tělesné hmotnosti probanda
(Robergs et al., 1996)

Aktuální tělesná hmotnost probanda (kg)	Konstantní odpor (kg)
40–44,9	3,25
45–49,9	3,5
50–54,9	4,0
55–59,9	4,25
60–64,9	4,75
65–69,9	5,0
70–74,9	5,5
75–79,9	5,75
80–84,9	6,25
≥ 85	6,5

Proband	Typ vykonávané pohybové aktivity	Konstantní odpor (kg)	Reference
Zdravý dospělý muž	proband, který nesplňuje minimální pohybové doporučení dle WHO	0,075	(Inbar et al., 1996)
	proband, který splňuje minimální pohybové doporučení dle WHO	0,098	(Evans & Quinney, 1981)
	atletické disciplíny	0,098	(Evans & Quinney, 1981)
	student tělovýchovné fakulty	0,098	(Dotan & Bar-Or, 1983)
	běh na 100, 200, 400 m cyklistické sprinty	0,100	(Kirksey et al., 1999)
Zdravá dospělá žena	probandka, která nesplňuje minimální pohybové doporučení dle WHO	0,075	(Inbar et al., 1996)
	studentka tělovýchovné fakulty	0,085	(Dotan & Bar-Or, 1983)
	běh na 100, 200, 400 m cyklistické sprinty	0,100	(Kirksey et al., 1999)

Hodnocení výsledků Wingate testu

zdroj: Zátěžová diagnostika v tělovýchovné a sportovní praxi, Struhár a kol.(2019)

- *Hodnocení výsledků ve Wingate testu vzhledem k trénovanosti jedince u mužů (n = 1374) (Zupan et al., 2009)*

Kategorie	Maximální výkon (W)	Relativní výkon (W/kg)
Elitní	> 1163	> 13,74
Excelentní	1092–1163	13,04 –13,74
Nadprůměrná	1021–1091	12,35 –13,03
Průměrná	880–1020	11,65 –12,34
Podprůměrná	809–879	10,96 –11,64
Uspokojivá	739–808	9,57–10,95
Slabá	< 739	< 9,57

- *Hodnocení výsledků ve Wingate testu vzhledem k trénovanosti jedince u žen (n = 211 žen) (Zupan et al., 2009)*

Kategorie	Maximální výkon (W)	Relativní výkon (W/kg)
Elitní	> 730	> 11,07
Excelentní	686–730	10,58 –11,07
Nadprůměrná	642–685	10,08 –10,57
Průměrná	554–641	9,1–10,07
Podprůměrná	510–553	8,6 – 9,09
Uspokojivá	467–509	8,11– 8,59
Slabá	< 467	< 8,11

Index w_{170}

- Běžně prováděný test (např. u lékaře součást EKG testu)
- Submaximální výkon
- Zjištění a hodnocení míry adaptace kardiovaskulárního systému na vytrvalostní zatížení
- Submaximální SF = cca úroveň 70 % předikované maximální srdeční rezervy, nebo 85 % predikované Sf_{max}
- U většiny dospělých a dětí ~170 tepů za minutu
- U starších 150, 130 tepů za minutu
- Nízké hodnoty → slabá adaptace nebo přetrvávající únava

Index W_{170}

- Průměrné hodnoty testu

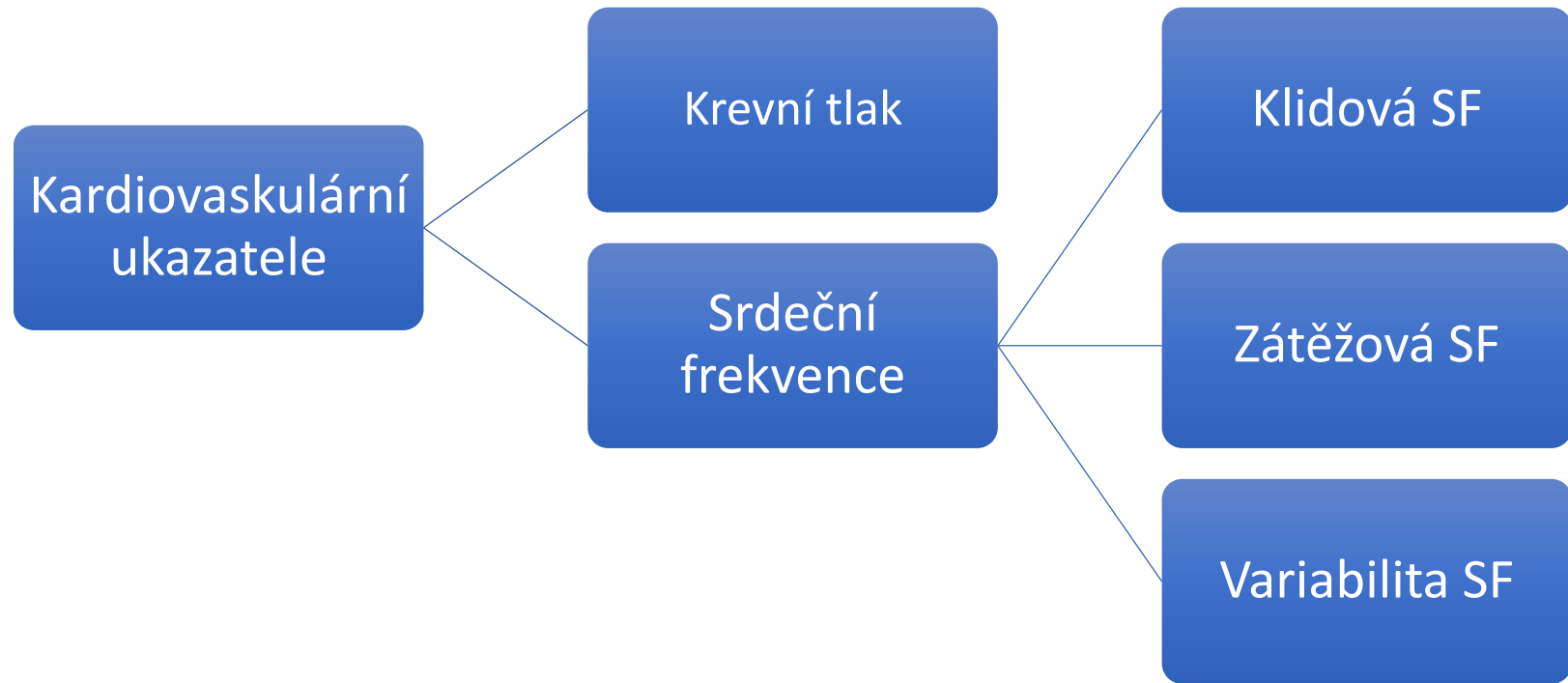
zdroj: Zátěžová diagnostika v tělovýchovné a sportovní praxi, Struhár a kol.(2019)

Tab. 72 Průměry indexu zdatnosti W_{170} u různých sportovních disciplín (upraveno dle Lipková, 2006)

Disciplína	W_{170} [W . kg ⁻¹]		Disciplína	W_{170} [W . kg ⁻¹]	
	muži	ženy		muži	ženy
Atletika – skoky	3,3	2,6	Kanoistika	3,4	—
Atletika – vrhy	2,6	2,6	Lední hokej	3,6	—
Badminton	2,0*	—	Lukostřelba	2,8	—
Basketbal	3,4	2,9	Moderní gymnastika	—	2,2
Běh – sprinty	3,2	2,8	Orientační běh	—	3,0
Běh – střední tratě	3,8	3,2	Plavání	3,1	2,8
Běh – dlouhé tratě	3,6	—	Ragby	2,8	—
Běh na lyžích	3,8	2,9	Sjezdové lyžování	3,2	—
Box	2,0*	—	Sportovní gymnastika	2,9	2,8
Cyklistika dráhová	3,7	—	Stolní tenis	3,0	2,4
Cyklistika silniční	4,0	—	Šerm	2,8	2,8
Džudo	3,0	—	Tenis	3,0	2,9
Fotbal	3,4	—	Veslování	3,5	—
Fotbalový rozhodčí	2,2	—	Vodní pólo	3,0	—
Házená	3,1	2,3	Volejbal	3,2	2,5
Horolezectví	2,9	—	Vzpírání	2,4	—
Jachting	—	2,1	Zápas	3,0	—
Jezdectví	3,3	—			

Vysvětlivka: * – máme pochybnosti o správnosti této nízké hodnoty

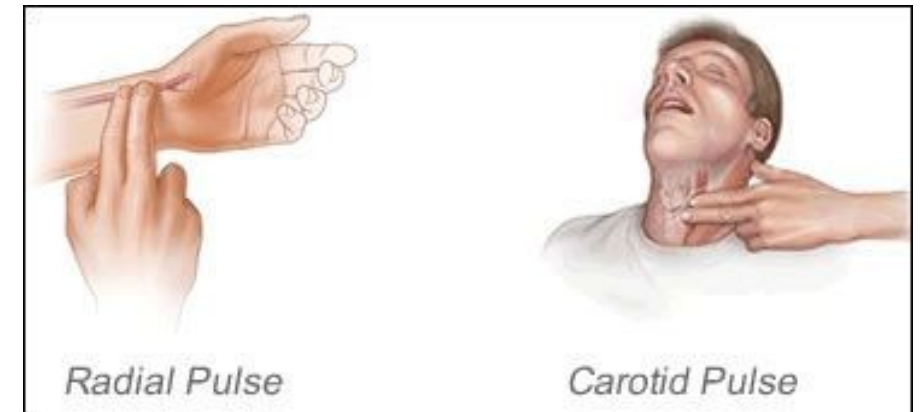
Kardiovaskulární ukazatele



Srdeční frekvence



- Měla by se měřit snímáním elektrických impulzů srdce –sporttester nebo EKG
- Měření tepu palpací na zápěstí – každý tep se nemusí přenést do periferie
- Měření hmatem na krkavici – pozor na přílišný tlak!



Klidová

- Běžná populace 60-75 tepů/min
- U mužů nižší než u žen
- U vrcholových, vytrvalostně trénovaných sportovců 35-45 t/min
- Zvýšená SF se může objevit v případě únavy – nedostatek regenerace

Zátěžová

- Potřeba vyjádřit v relativním ukazateli
 - $\%SF_{max} = (SF \text{ zátěž} / SF_{max}) * 100$
 - $\%MSR = ((SF \text{ zátěž} - SF \text{ klid}) / (SF_{max} - SF \text{ klid})) * 100$

Srdeční frekvence - výpočet

Zátěžová SF = 150

Klidová SF = 52

Maximální SF - vypočtete = 220 - věk

%SFmax ?

%MSR ?

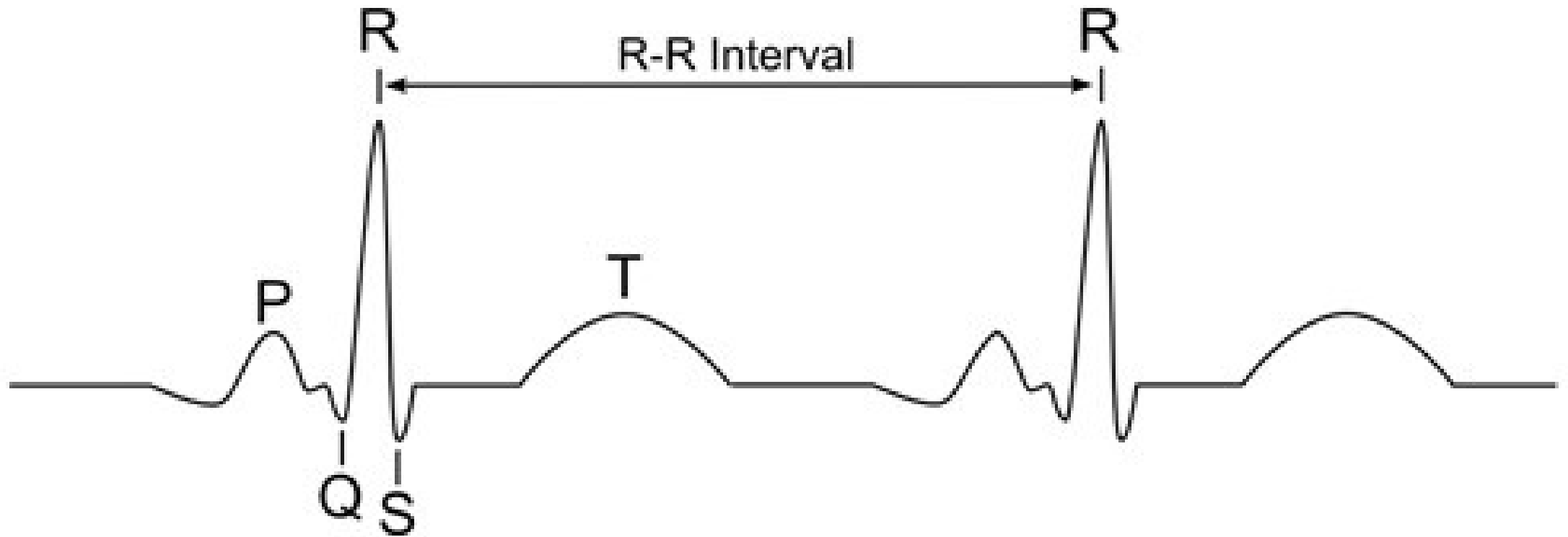
$$\%SF_{\max} = (SF_{\text{zátěž}} / SF_{\max}) * 100$$

$$\%MSR = ((SF_{\text{zátěž}} - SF_{\text{klid}}) / (SF_{\max} - SF_{\text{klid}})) * 100$$

The background of the slide features a faint, light blue ECG (heart rate) waveform on a grid, positioned on the left side. A solid orange horizontal bar is located at the top left of the white content area.

Zátěžová srdeční frekvence

- Těsně před tělesnou zátěží
 - ↑ SF „startovní stav“ → sympatikus připravuje na výkon
 - Mírně zvýšená SF (např. 110 tepů/min) před výkonem nemusí znamenat nedostatek odpočinku!
- S rostoucí intenzitou zátěže
 - ↑ SF, v průběhu lehké až submaximální intenzity zátěže je dobrá korelace mezi SF a intenzitou, poté plató efekt SF i při zvyšující se zátěži
- Po zátěži
 - ↓ SF, strmost poklesu je závislá na zátěži i únavě



Zdroj: <https://www.rehabilitace.info/zdravotni-zarizeni/zakladni-cteni-a-hodnoceni-ekg-krivky/>

Variabilita SF

- Periodické kolísání SF v čase
- Výpočet je založen na měření času mezi dvěma R kmity na EKG záznamu
- Kratší interval při \uparrow SF, delší interval při \downarrow SF
- R-R interval 1 sec = SF 60 tepů/min

Variabilita SF

- Při únavě je méně aktivní parasympatikus, se zvyšující se únavou je navíc aktivní sympatikus
- U odpočaté osoby v klidu je aktivita sympatiku velmi nízká
- Hlavní ukazatele:
 - Spektrální výkon
 - Spektrální výkonová hustota
 - Vyhodnocování pro tři frekvenční pásma oscilací R-R intervalů – velmi nízké frekvence, nízké frekvence, vysoké frekvence
 - Výpočet z krátkých časových úseků – 5 minut vleže a 5 minut vstojе

Krevní tlak

- Hydrostatický tlak v krevním řečišti
- Mění se v průběhu fáze srdce (systola ↑ diastola ↓)
- Střední arteriální tlak - vyjadřuje míru tlakového zatížení srdce a tepen
 - průměrná hodnota tlaku v průběhu jedné periody systola–diastola.
 - $SAT = (STK + 2DTK) / 3$; $(DT + 1/3 * (ST - DT))$
- V klidu před zátěží – 100-120 STK 60-80 DTK
 - ↑ i ↓ hodnoty STK, SAT může být součástí syndromu přetrénování

Krevní tlak

- Těsně před zátěží může být vyšší vlivem předstartovní aktivace
- V průběhu zátěže – STK a SAT ↑ ↑
 - Zátěžové tlaky závisí na intenzitě aktivity (STK ↑ 180-240, DTK – ↓ neměřitelné hodnoty nebo ↑ 90-120)
 - Hodnoty STK nad 240 a DTK nad 120 bývají známkou poruchy regulace TK – hypertenze – důvod pro přerušení zátěže (prevence prasknutí tepny a krvácení)
- Po zátěži dochází do pár minut k návratu krevního tlaku do klidových hodnot
 - Strmost poklesu TK závisí na objemu zátěže
 - TK rovněž snižuje vyšší teplota těla – svalová práce > termogenní účinek > termoregulační mechanismy (kožní vazodilatace a pocení)

Spiroergometrické ukazatele

Minutová ventilace

Ventilační práh

Minutový příjem kyslíku

Procento maximálního příjmu kyslíku

Násobek klidového výdeje energie

Poměr respirační výměny

Minutová ventilace

- Objem vzduchu, který jedinec prodýchá za jednu minutu
- $VE = \text{dechový objem plic} * \text{dechová frekvence}$
- Klidové hodnoty u dospělých cca 5-6 l/min
- Maximální hodnoty ovlivněny mírou úsilí jedince
- Před zátěží lze pozorovat mírné zvýšení VE (asi dvojnásobek klidové)

Minutová ventilace

V průběhu zátěže

- výrazné zvýšení (hyperventilace)
- Koreluje s mírou zatížení
- Odráží zvýšenou potřebu O_2 pro aerobní získávání energie pro svalovou práci
- Při maximální zátěži u dospělých mužů až 200 l/min

Po skončení zátěže

- Po maximální zátěži a maximální ventilaci návrat ke klidovým hodnotám za ~10-15 minut

Minutový příjem kyslíku

- Objem kyslíku, který přijmeme do těla na začátku dýchacích cest (neplést se spotřebou kyslíku!)
- Přepočet na tělesnou hmotnost ($\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$)
- Klidové hodnoty
 - kolem $3,5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ($70 \text{ kg} = 245 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$)
 - Zvýšení např při přetrvávající potřebě regenerace tkání po zátěži – únava
- Při zátěži
 - Zvyšuje se lineárně s intenzitou
 - Vyšší VO_2 při lehké-submax zátěži > při přetrvávající únavě, zdravotních problémech

