

SPIROERGOMETRIE V KARDIOLOGII A SPORTOVNÍ MEDICÍNĚ

František Várnay, Pavel Homolka
Leona Mífková, Petr Dobšák

SPIROERGOMETRIE V KARDIOLOGII A SPORTOVNÍ MEDICÍNĚ

**František Várnay, Pavel Homolka
Leona Mífková, Petr Dobšák**

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude trestně stíháno.

SPIROERGOMETRIE V KARDIOLOGII A SPORTOVNÍ MEDICÍNĚ

František Várnay, Pavel Homolka, Leona Mířková, Petr Dobšák

Autoři:

MUDr. František Várnay, CSc.

MUDr. Pavel Homolka, Ph.D.

Mgr. Leona Mířková, Ph.D.

Prof. MUDr. Petr Dobšák, CSc.

Do kapitoly 9.1 přispěli:

Doc. MUDr. Tomáš Kára, Ph.D.

Přemysl Panuška

Recenze:

MUDr. Jiří Dostal

MUDr. Zdeněk Merta, CSc.

Vydání odborné knihy schválila Vědecká redakce nakladatelství Grada Publishing, a.s.

© Grada Publishing, a.s., 2020

Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2020

Ilustrace a obrázky do knihy dodali autoři.

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 7542. publikaci

Odpovědná redaktorka Mgr. et Mgr. Olga Kopalová

Sazba a zlom Jan Šístek

Počet stran 312

1. vydání, Praha 2020

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a.s.

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků, což není zvláštním způsobem vyznačeno.

Postupy a příklady v této knize, rovněž tak informace o lécích, jejich formách, dávkování a aplikaci jsou sestaveny s nejlepším vědomím autorů. Z jejich praktického uplatnění však pro autory ani pro nakladatelství nevyplývají žádné právní důsledky.

ISBN 978-80-271-1447-4 (pdf)

ISBN 978-80-271-2552-4 (print)

Hlavní autoři

MUDr. František Várnay, CSc. – kardiolog, emeritní primář interních oddělení, ambulantní kardiolog Kliniky tělovýchovného lékařství a rehabilitace Lékařské fakulty Masarykovy univerzity a Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně, t. č. externí konzultant pro spiroergometrické vyšetření Kliniky tělovýchovného lékařství a rehabilitace LF MU a FN u sv. Anny.

MUDr. Pavel Homolka, Ph.D. – tělovýchovný lékař, vedoucí lékař oddělení funkční diagnostiky Kliniky tělovýchovného lékařství a rehabilitace LF MU a FN u sv. Anny v Brně. Odborný asistent Kliniky tělovýchovného lékařství a rehabilitace LF MU v Brně. V roce 2017 předseda zdravotní komise Českého veslařského svazu. V roce 2014 studijní pobyt na Mayo Clinic, Division of Cardiovascular Diseases, Rochester, Minnesota, USA.

Mgr. Leona Mífková, Ph.D. – fyzioterapeutka specializující se profesně i publikačně na kardiovaskulární rehabilitaci, patří k zakladatelům pracoviště kardiovaskulární rehabilitace Kliniky tělovýchovného lékařství a rehabilitace LF MU a FN u sv. Anny v Brně, kde t. č. pracuje. Odborná asistentka Katedry fyzioterapie a rehabilitace LF MU.

Prof. MUDr. Petr Dobšák, CSc. – internista a patofyziolog, přednosta Kliniky tělovýchovného lékařství a rehabilitace LF MU a FN u sv. Anny v Brně a Katedry fyzioterapie a rehabilitace. Odborné zaměření na rehabilitaci ve vnitřním lékařství a neinvazivní diagnostiku chorob kardiovaskulárního systému.

Příspěvatelé

Doc. MUDr. Tomáš Kára, Ph.D. – kardiolog, v roce 2017 místopředseda zdravotní komise Českého veslařského svazu, odborný konzultant Českého olympijského výboru a Slovenského olympijského výboru, Centrum kardiovaskulární a transplantační chirurgie, Brno, t. č. interní oddělení Nemocnice Milosrdných bratří, Brno a Division of Cardiovascular Diseases, Mayo Clinic, Rochester, Minnesota, USA.

Přemysl Panuška – absolvent FTVS UK, ústřední trenér Českého veslařského svazu v letech 2000–2014, trenér Německého veslařského svazu v letech 2015–2018, t. č. metodik Českého veslařského svazu.

Seznam použitých zkratk	11	3	Základní parametry sledované při spiroergometrii (Várnay F., Mířková L.)	31
Vzpomínka	16	3.1	Průběh dechového objemu, dechové frekvence a minutové ventilace – od mírných nepravidelností až po oscilující ventilaci při zátěži (EOV) (Várnay F.)	33
Úvod	17	3.1.1	Základní mechanizmy regulace dýchání	34
1 Transportní systém a fyziologická odezva organismu na zatížení (Dobšák P.)	19	3.1.1.1	Chemosenzitivní receptory	34
1.1 Úvod	19	3.1.1.2	Respirační centra	35
1.2 Energetické zdroje pro svalovou práci (ATP-CrP systém, anaerobní glykolýza, aerobní fosforylace)	19	3.1.1.3	Další faktory ovlivňující regulaci dýchání	36
1.2.1 Okamžité energetické zdroje (ATP-CrP systém)	20	3.1.2	Regulace dýchání při svalové práci	36
1.2.2 Neoxidativní (glykolytické) energetické zdroje	20	3.1.3	Regulace dýchání při metabolické acidóze (laktátové nebo i jiného původu)	37
1.2.3 Oxidativní energetické zdroje	21	3.1.4	Regulace ventilace při rampovém spiroergometrickém testu	37
1.3 Transportní systém a celulární respirace	22	3.1.5	Průběh dechového objemu, dechové frekvence a ventilace při spiroergometrickém testu s rampovým protokolem	38
1.3.1 Celulární respirace a bioenergetické procesy během zátěže	22	3.1.6	Výskyt narušené regulace dýchání a její formy	44
2 Praktické provedení spiroergometrického vyšetření (Homolka P.)	25	3.1.7	Přehled základních variant definice oscilujícího dýchání při zátěži (EOV)	45
2.1 Indikace spiroergometrie	25	3.1.7.1	Postup analýzy při hodnocení oscilujícího dýchání při zátěži (EOV)	45
2.2 Kontraindikace spiroergometrie	25	3.1.7.2	Prognostický význam EOV u chronického srdečního selhání	53
2.3 Laboratorní podmínky	26	3.2 Příjem kyslíku (VO₂) (Várnay F.)	55	
2.3.1 Prostředí laboratoře	26	3.2.1	Kinetika VO ₂ a průběh křivky VO ₂ při rampovém spiroergometrickém vyšetření	55
2.3.2 Bezpečnostní opatření	26	3.2.1.1	Krytí energetických potřeb pro svalovou práci a kinetika VO ₂ v zátěžové a zotavovací fázi rampového spiroergometrického vyšetření	55
2.3.3 Personál	26	3.2.1.2	Průběh křivky VO ₂ v zátěžové fázi rampového spiroergometrického vyšetření	55
2.3.4 Technické vybavení	26	3.2.2	Maximální aerobní kapacita a možnosti posouzení jejího omezení	60
2.4 Postup před zátěžovým testem	27	3.2.3	Přehled grafů, na kterých se vyskytuje příjem kyslíku (VO ₂)	63
2.5 Sledování během zátěže	27			
2.5.1 Důvody ukončení spiroergometrického vyšetření	27			
2.6 Postup po ukončení zátěže a péče o pacienta po testu	28			
2.7 Zátěžové zdroje a protokoly	28			

3.3 Výdej oxidu uhličitého (VCO₂) (Várnay F.)	63	3.6.3 Význam hodnoty RER _{peak} pro posouzení míry metabolického vytížení při spiroergometrickém vyšetření	113
3.3.1 Průběh křivky VCO ₂ v zátěžové fázi rampového spiroergometrického vyšetření	64	3.7 Ventilační ekvivalenty (EQ) (Várnay F.)	114
3.3.2 Vyšší hodnoty VCO ₂ v klidu i během zátěžové fáze spiroergometrického vyšetření	67	3.7.1 Popis průběhu ventilačních ekvivalentů v zátěžové části spiroergometrického vyšetření	115
3.3.3 Vzájemné porovnání kinetiky VCO ₂ a VO ₂ pomocí regresních rovnic a směrnice VO ₂ a VCO ₂	70	3.7.1.1 Grafické zobrazení a popis normálního průběhu ventilačních ekvivalentů (EQ) v zátěžové fázi spiroergometrického vyšetření	116
3.3.4 Exces CO ₂ – matematický výpočet a graf ExCO ₂	72	3.7.1.2 Popis a grafické zobrazení několika abnormálních křivek ventilačních ekvivalentů (EQ) při spiroergometrickém vyšetření	120
3.3.5 Přehled grafů, na kterých se vyskytuje výdej oxidu uhličitého (VCO ₂)	75	3.7.2 Popis průběhu ventilačních ekvivalentů v zotavovací fázi (recovery) spiroergometrického vyšetření	130
3.4 Minutová ventilace (VE) (Várnay F.)	76	3.7.3 Popis průběhu ventilačních ekvivalentů při oscilující ventilaci	135
3.4.1 Průběh křivky VE při rampovém spiroergometrickém vyšetření	77	3.8 Parciální tlak kyslíku na konci výdechu (PETO₂) a parciální tlak oxidu uhličitého na konci výdechu (PETCO₂) (Várnay F.)	136
3.4.2 Podmínky a postup při analýze přiměřenosti ventilace	78	3.8.1 Úvod a vysvětlení zkratk	136
3.4.3 Prezentace postupu analýzy minutové ventilace u konkrétního pacienta	81	3.8.2 Průběh PETO ₂ a PETCO ₂ při rampovém spiroergometrickém vyšetření a jeho grafické zobrazení	139
3.4.4 Demonstrace různých „nástrah“ při analýze přiměřenosti ventilace	84	3.8.2.1 Průběh PETCO ₂	139
3.4.5 Hypoventilace	90	3.8.2.2 Průběh PETO ₂	140
3.4.5.1 Hypoventilace u obezity (OHS – obesity hypoventilation syndrome)	91	3.8.2.3 Grafické zobrazení průběhu PETCO ₂ a PETO ₂	140
3.4.5.2 Relativní hypoventilace vzhledem k extrémně vysoké hodnotě maximálního dosaženého výkonu (W _{peak}) u velmi výkonného sportovce	94	3.8.3 Jak postupovat v případě nedostupnosti grafu s optimalizovanými osami	147
3.4.6 Přehled grafů, na kterých se vyskytuje minutová ventilace (VE)	95	3.8.4 Přínos PETCO ₂ pro diagnostiku a stratifikaci plicních a kardiovaskulárních nemocí	147
3.5 VE/VCO₂ slope (Várnay F.)	96	3.9 Oxygen uptake efficiency slope (OUES) (Várnay F.)	150
3.5.1 Úvod	96	3.9.1 Obecné pojednání o vztahu VO ₂ a VE	150
3.5.2 Rozbor metodiky VE/VCO ₂ slope, konstrukce grafu a výpočet	97	3.9.2 Definice, referenční hodnoty, výpočet a konstrukce grafu OUES	152
3.5.2.1 Úskalí analýzy VE/VCO ₂ slope – přítomnost oscilující ventilace při zátěži (EOV)	99	3.9.3 Analýza a význam OUES	153
3.5.2.2 Závislost VE na VCO ₂ v zotavovací (recovery) fázi spiroergometrického vyšetření	100	3.10 Srdeční frekvence (Mífková L.)	159
3.5.2.3 Abnormality VE/VCO ₂ slope a jejich možné příčiny	103	3.10.1 Průběh srdeční frekvence při spiroergometrickém vyšetření	159
3.5.3 Posouzení přiměřenosti ventilace (VE) k výdeji oxidu uhličitého (VCO ₂) pomocí ventilačního ekvivalentu pro CO ₂ (EQCO ₂)	103	3.10.2 Nepravidelnosti průběhu srdeční frekvence během spiroergometrického vyšetření	161
3.6 Poměr respirační výměny (RER) (Várnay F.)	106	3.10.3 Srdeční frekvence při preskripci intenzity pohybových aktivit	164
3.6.1 Popis průběhu poměru respirační výměny v zátěžové i zotavovací fázi spiroergometrického vyšetření	106	3.11 Krevní tlak (Mífková L.)	164
3.6.2 Příklady abnormálního průběhu poměru respirační výměny	110	3.12 Systolický a minutový objem srdeční, tepový kyslík (Várnay F.)	167
		3.12.1 Systolický a minutový objem srdeční	167
		3.12.2 Tepový kyslík (VO ₂ /SF)	173

3.12.2.1	Jaké jsou možnosti a úskalí při odhadování srdečního výdeje pomocí tepového kyslíku?	173
3.12.2.2	Referenční hodnoty tepového kyslíku ($\text{refVO}_2/\text{SF}_{\text{max}}$)	175
3.13	Elektrokardiografie (Várnay F.)	179
3.13.1	Úvod	179
3.13.2	Základní pojmy pro popis ST úseku	180
3.13.3	Fyziologické změny EKG při zátěži	181
3.13.4	Diagnostické EKG změny svědčící pro ischemii myokardu	182
3.13.5	Arytmie během zátěže	182
3.14	Subjektivní odhad vnímání intenzity zátěže a hodnocení potíží (Mífková L.)	182
3.15	Indexy výkonnosti (Mífková L.)	184
3.15.1	Výkon	184
3.15.2	Kritický výkon	185
4	Ventilační prahy a jejich stanovení, laktátové prahy (Várnay F.)	193
4.1	Obecný úvod k energetickému metabolismu	193
4.2	Definice ventilačních prahů a názvosloví	194
4.3	Metody stanovení ventilačních prahů a hodnocení prvního ventilačního prahu	194
4.3.1	Stanovení VT1 metodou ExCO_2	196
4.3.2	Stanovení ventilačních prahů podle průběhu křivky EQO_2 a EQCO_2	196
4.3.3	Stanovení VT1 metodou V-slope	199
4.3.4	Metoda stanovení VT1 a VT2 podle průběhu PET křivek	199
4.3.5	Metoda stanovení VT2 podle WR6 grafu	200
4.3.6	Metoda stanovení VT2 podle VE/VCO_2 slope	200
4.3.7	Úskalí stanovení VT1 a VT2	202
4.3.7.1	Deformovaný průběh V-slope	202
4.3.7.2	VT1 lze stanovit metodou V-slope a ExCO_2 , ale nelze stanovit podle průběhu křivky EQO_2	202
4.3.7.3	Důvody obtížné stanovitelnosti až nemožnosti lokalizace VT2	203
4.4	Laktátové prahy – přehled a vztah k ventilačním prahům	205
4.4.1	Laktát a koncepce aerobně-anaerobního přechodu posuzovaného podle laktátu	205
4.4.2	Aerobní laktátový práh	206
4.4.3	Anaerobní laktátový práh	206
4.4.3.1	Anaerobní laktátový práh typu maximálního laktátového steady state (MLSS)	207
4.4.3.2	Laktátový anaerobní práh (LTAn) stanovený při zvyšující se zátěži stupňovým protokolem	208
5	Hodnocení zotavovací fáze (Várnay F.)	213
5.1	Kinetika příjmu kyslíku během zotavovací fáze spiroergometrického vyšetření ($\text{VO}_{2\text{rec}}$)	214
5.1.1	Hlavní faktory ovlivňující průběh VO_2 recovery	215
5.1.2	Metodika hodnocení VO_2 recovery	216
5.1.2.1	Metoda 1: Hodnocení průběhu křivky $\text{VO}_{2\text{rec}}$	216
5.1.2.2	Metoda 2: Výpočet $\text{VO}_2\text{-REC}_2$ (respektive $\%\text{VO}_2\text{-REC}_2$)	222
5.1.2.3	Metoda 3: Výpočet poločasu $\text{VO}_{2\text{rec}}$ ($\text{T1/2 VO}_{2\text{rec}}$)	223
5.1.3	Klasifikace kinetiky VO_2 v zotavovací fázi spiroergometrického vyšetření	223
5.1.4	Příklad konkrétního postupu analýzy průběhu kinetiky VO_2 recovery	225
5.2	Hodnocení srdeční frekvence během zotavovací fáze (HRrec)	229
6	Principy hodnocení výsledku spiroergometrického vyšetření (Várnay F.)	231
6.1	Datové protokoly	231
6.2	Grafické zobrazení parametrů spiroergometrického vyšetření	232
6.3	Souhrnná závěrečná zpráva ze spiroergometrického vyšetření	234
7	Specifika spiroergometrického vyšetření u vybraných kardiologických diagnóz (Várnay F.)	237
7.1	Vazospastická angina pectoris (VSA)	237
7.2	Plicní hypertenze	238
7.3	Chronické srdeční selhání	241
7.4	Stav po ortotopické transplantaci srdce (OTS)	241
7.5	Neobjasněná námahová dušnost (unexplained exertional dyspnea)	242
8	Stanovení intenzity tréninkové zátěže pro kardiologicky nemocné v rámci kardiovaskulární rehabilitace (Mífková L.)	245
8.1	Kardiovaskulární rehabilitace	245
8.1.1	Časná posthospitalizační kardiovaskulární rehabilitace	245
8.1.2	Pokračování posthospitalizační kardiovaskulární rehabilitace (III. fáze – období stabilizace a IV. fáze – udržovací období)	247

8.2	Intenzita zátěže pro trénink kardiologicky nemocných	247	9.1.2	Fyziologický profil veslaře	281
8.2.1	Trénink nad úrovní VT1 v kardiovaskulární rehabilitaci?	250	9.1.3	Spiroergometrie na bicyklovém ergometru v rámci pravidelné preventivní lékařské prohlídky veslaře	282
8.2.2	Proč nestačí pouhé ergometrické vyšetření ke stanovení tréninkových parametrů pro kardiovaskulární rehabilitaci?	251	9.1.4	Současné trendy sledování výkonnosti a optimalizace tréninku veslařů v České republice a ve světě	282
8.3	Pravidla preskripce tréninkové zátěže pro kardiovaskulární rehabilitaci	253	9.1.4.1	Specifické distanční testy na vodě na 2000 m (6000 m)	282
8.3.1	Preskripce konstantní tréninkové zátěže pro kontinuální trénink	253	9.1.4.2	Specifické testování výkonnosti na veslařském ergometru Concept 2	283
8.3.1.1	Kinetika VO_2 při konstantní zátěži	253	9.1.4.3	Stanovení laktátových prahů – testy k určení výkonu na úrovni tzv. „anaerobního prahu (ANP)“ na veslařském ergometru Concept 2	283
8.3.1.2	Způsoby (metodika) stanovení konstantní zátěže pro kontinuální trénink	255	9.1.4.4	Specifické laboratorní testy zaměřené na individuální optimalizaci tréninkového procesu a kontrolu efektu tréninku pomocí spiroergometrie	284
8.3.1.3	Příklady průběhu příjmu kyslíku a srdeční frekvence při kontinuálním tréninku s různými (korigovanými i nekorigovanými) konstantními zátěžemi	256	9.1.4.5	Testování anaerobních schopností	287
8.3.2	Preskripce zátěže pro intervalový trénink	262	9.1.5	Interpretace spiroergometrických parametrů u veslařů	287
8.3.2.1	Postup při výpočtu vykonané práce při kontinuálním tréninku s konstantní korigovanou zátěží a intervalovém tréninku	265	9.1.6	Závěr	289
8.3.2.2	Příklady průběhu příjmu kyslíku a srdeční frekvence při intervalovém tréninku izokalorickém s kontinuálním tréninkem s korigovanou konstantní zátěží	267	9.2	Spiroergometrie v ledním hokeji (Homolka P.)	292
8.3.3	Preskripce zátěže pro excentrický trénink	268	9.2.1	Hokejová zátěž z energetického hlediska	292
8.3.3.1	Různé způsoby a oblasti využití excentrického cvičení, včetně kardiovaskulární rehabilitace	268	9.2.1.1	Hrazení energetických potřeb během střídání na ledě	293
8.3.3.2	Metabolická a kardiovaskulární odezva na excentrickou bicyklovou ergometrii	269	9.2.1.2	Hrazení energetických potřeb během pobytu hokejisty na střídačce (zotavovací fáze)	294
8.3.3.3	Svalové poškození a opožděná bolest svalů po excentrickém tréninku	272	9.2.2	Fyziologický profil hráče	294
8.3.3.4	Adaptace na excentrickou zátěž	272	9.2.3	Spiroergometrické vyšetření hokejistů na bicyklovém ergometru	295
8.3.3.5	Doporučení tréninkových parametrů pro excentrický trénink v rámci kardiovaskulární rehabilitace	273	9.2.4	Testování anaerobních schopností	296
9	Spiroergometrické vyšetření ve sportovní medicíně (Homolka P.)	279	9.2.5	Interpretace spiroergometrických parametrů u hokejistů	296
	Úvod	279	10	Seznam možných variant grafického zobrazení parametrů získaných při spiroergometrickém vyšetření	301
9.1	Spiroergometrie ve veslování (Homolka P., Kára T., Panuška P.)	280	Rejstřík	307	
9.1.1	Veslařská zátěž z energetického hlediska	280	Souhrn	309	
			Summary	311	

Seznam použitých zkratk

aADCO₂ – arterio-alveolární difference oxidu uhličitého
 ACC/AHA – American College of Cardiology / American Heart Association
 ACSM – American College of Sports Medicine
 ADP – adenosindifosfát
 AMP – adenosinmonofosfát
 apexPETCO₂ – nejvyšší hodnota PETCO₂ v zátěžové fázi spiroergometrického vyšetření
 ATP – adenosintrifosfát
 ATP-CrP systém – bezprostřední zdroje energie (ATP – adenosintrifosfát, CrP – kreatinfosfát)
 BL_{A2,0} – dynamicky definovaný fixní anaerobní laktátový práh stanovený jako klidová hodnota laktátu + 1,5 mmol.l⁻¹
 BLC₄ – Blood Lactate Concentration; jedno z označení pro fixní anaerobní laktátový práh (na úrovni koncentrace laktátu 4 mmol.l⁻¹)
 BMI – Body Mass Index
 BNP – natriuretic peptid B; mozkový natriuretický peptid
 BTPS – korekční faktor pro přepočet hodnot ventilace
 C(a-v)O₂ – arterio-venózní difference kyslíku
 CI – cardiac index; srdeční index
 CNS – centrální nervový systém
 CO – cardiac output; minutový objem srdeční (minutový výdej srdeční)
 COPD – chronická obstrukční plicní nemoc (česká zkratka CHOPN)
 CP – Critical Power; kritický výkon
 CPET – spiroergometrické vyšetření
 CPX – spiroergometrické vyšetření
 CrP – kreatinfosfát
 CTEPH – chronická tromboembolická plicní hypertenze
 CTI – chronotropní inkompetence
 ČKS – Česká kardiologická společnost
 ČVS – Český veslařský svaz
 deep EQCO₂ – nejnižší hodnota ventilačního ekvivalentu pro oxid uhličitý
 DF – dechová frekvence
 difVO₂ – velikost poklesu příjmu kyslíku v recovery fázi spiroergometrického vyšetření za určitý čas (za 1, 2 nebo 3 minuty) vyjádřeného v ml.min⁻¹.kg⁻¹
 DKK – dolní končetiny
 DOMS – Delayed-Onset Muscle Soreness; opožděná bolestivost svalu
 DRS – dorzální respirační skupina, tj. skupina respiračních neuronů v prodloužené míše
 DTK – diastolický krevní tlak
 EACPR/AHA – European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation / American Heart Association
 ECC – excentrický
 EOv – oscilující ventilace při zátěži
 EQ – ventilační ekvivalenty
 EQCO₂ – ventilační ekvivalent pro oxid uhličitý
 EQCO_{2rec} – ventilační ekvivalent pro oxid uhličitý v zotavovací fázi spiroergometrického vyšetření
 EQCO_{2VT1 (VT2)} – hodnota ventilačního ekvivalentu pro oxid uhličitý časově odpovídající prvnímu (druhému) ventilačnímu prahu
 EQO₂ – ventilační ekvivalent pro kyslík
 EQO_{2rec} – ventilační ekvivalent pro kyslík v zotavovací fázi spiroergometrického vyšetření
 EQO_{2VT1 (VT2)} – hodnota ventilačního ekvivalentu pro kyslík časově odpovídající prvnímu (druhému) ventilačnímu prahu
 ExCO₂ – excès oxidu uhličitého
 FAD – flavinadenin dinukleotid (oxidovaná forma)

FADH_2 – flavinadeninindinukleotid (redukována forma)
 FECO_2 – frakční podíl CO_2 ve vydechovaném vzduchu
 FEO_2 – frakční podíl O_2 ve vydechovaném vzduchu
 FETCO_2 – frakční koncentrace CO_2 na konci výdechu (fractions of dray gas volume)
 FETO_2 – frakční koncentrace O_2 na konci výdechu (fractional end tidal oxygen concentration)
 FICO_2 – frakční podíl CO_2 ve vdechovaném vzduchu
 FIO_2 – frakční podíl (koncentrace) O_2 ve vdechovaném vzduchu
 FISA – Fédération Internationale des Sociétés d’Aviron; Mezinárodní veslařská federace
 HI-IT – High Intensity Interval Training; vysokointenzivní intervalový trénink
 HRR – Heart Rate Reserve; rezerva srdeční frekvence
 HRrec – srdeční frekvence v zotavovací (recovery) fázi spiroergometrického vyšetření
 HRreserve – rezerva srdeční frekvence
 CHOPN – chronická obstrukční plicní nemoc (anglická zkratka COPD)
 ChSS – chronické srdeční selhání
 IAeS – Individuelle aerobe Schwelle; individuální laktátový aerobní práh
 IAeT – Individual Aerobic Threshold; individuální laktátový aerobní práh
 ICHS – ischemická choroba srdeční
 ILD – intersticiální onemocnění plic
 IST – intersticiální (extracelulární) tekutina mozkového kmene
 IT – intervalový trénink
 J point – junkční bod, kde na EKG končí QRS komplex a začíná ST segment, míra denivelace ST segmentu
 J60 – bod na izoelektrické linii na EKG vzdálený od bodu J 60 ms
 KMP – kardiomyopatie
 KVR – kardiovaskulární rehabilitace
 LA – laktát (není to kyselina mléčná, ale její aniont, tj. bez H^+)
 LD (LDH) – laktátdehydrogenáza, tj. oxidoredukční enzym katalyzující reverzibilní přeměnu laktátu na pyruvát
 LT – Lactate Threshold; laktátový práh; společný název pro všechny laktátové prahy
 LTaer – Aerobic Lactate Threshold; aerobní laktátový práh
 LTAn – Anaerobic Lactate Threshold; anaerobní laktátový práh
 LT1 – první (aerobní) laktátový práh
 LT2 – druhý (anaerobní) laktátový práh
 MET – metabolický ekvivalent (spotřeba energie v klidu vsedě), odpovídá $3,5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ VO}_2$
 MLSS – Maximal Lactate Steady State; maximální laktátový steady state, tj. jeden z podtypů anaerobních laktátových prahů určovaný při konstantní zátěži
 mPAP – střední tlak v plicnici
 NAD^+ – nikotinamidadeninindinukleotid (oxidovaná forma)
 NADH – nikotinamidadeninindinukleotid (redukována forma)
 NT-proBNP – N-terminální frakce BNP
 OBLA/4mM – Onset of Blood Lactate Accumulation; jedno z označení pro fixní anaerobní laktátový práh (na úrovni koncentrace laktátu $4 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$)
 OF – odpočinkové fáze intervalového tréninku
 OHS – obesity hypoventilation syndrome
 OTS – ortotopická transplantace srdce
 OUES – oxygen uptake efficiency slope
 PACO_2 – parciální alveolární tlak CO_2 (alveolar partial pressure of carbon dioxide)
 PaCO_2 – parciální tlak CO_2 v arteriální krvi (arterial partial pressure of carbon dioxide)
 PAH – plicní arteriální hypertenze, tj. zvýšený střední tlak v plicnici (mPAP), ale normální tlak v zaklínění (PAWP)
 PAO_2 – parciální alveolární tlak kyslíku (alveolar partial pressure of oxygen)
 PaO_2 – parciální tlak kyslíku v arteriální krvi (arterial partial pressure of oxygen)
 PAWP – pulmonary arterial wedge pressure; tlak v zaklínění plicnice
 P_B – barometrický tlak
 P_{peak} – maximální dosažená (vrcholová) hodnota

- peakVE_{osc} – peak hodnota VE oscilační vlny
- P_ECO₂ neboli PeCO₂ – mixed expired PCO₂; průměrná hodnota parciálního tlaku CO₂ během celého expira
- PET – end tidal parcial pressure; parciální tlak na konci výdechu
- PETCO₂ – parciální tlak oxidu uhličitého na konci výdechu, tj. nejvyšší hodnota parciálního tlaku (PCO₂) na konci výdechu
- PETCO_{2VT1 (VT2)} – parciální tlak oxidu uhličitého na konci výdechu časově odpovídající prvnímu (druhému) ventilačnímu prahu
- PETO₂ – parciální tlak kyslíku na konci výdechu, obvykle je to nejmenší hodnota během výdechu
- PF – pracovní fáze (intervalového tréninku)
- PH – plicní hypertenze, tj. střední tlak v plicnici (mPAP) je ≥ 25 mm Hg v klidu
- pH – Potential of Hydrogen; potenciál vodíku, tj. číslo, kterým se vyjadřuje, zda vodný roztok reaguje kyselé nebo zásaditě
- PH₂O – parciální tlak vodních par
- P_i – anorganický fosfor
- QCO₂ – produkce oxidu uhličitého na úrovni buňky
- QO₂ – spotřeba kyslíku na úrovni buňky
- RCP – bod respirační kompenzace (jiný názvoslovný výraz pro druhý ventilační práh)
- refDF_{max} – referenční (predikovaná) maximální hodnota dechové frekvence
- refOUES – referenční (predikovaná) hodnota oxygen uptake efficiency slope
- refSF_{max} – referenční (predikovaná) maximální hodnota srdeční frekvence
- refVCO_{2max} – referenční (predikovaná) maximální hodnota výdeje oxidu uhličitého
- refVE_{max} – referenční (predikovaná) maximální hodnota minutové ventilace
- refVO_{2max} – referenční (predikovaná) maximální hodnota příjmu kyslíku
- refVO_{2VT1} – referenční (predikovaná) hodnota příjmu kyslíku na úrovni prvního ventilačního prahu
- refVT_{max} – referenční (predikovaná) maximální hodnota dechového objemu
- refW_{max} – referenční (predikovaná) maximální hodnota výkonu
- RER, R – poměr respirační výměny
- RER_{rec} – poměr respirační výměny v zotavovací fázi (recovery) spiroergometrického vyšetření
- RER_{VT1 (VT2)} – hodnota poměru respirační výměny časově odpovídající prvnímu (druhému) ventilačnímu prahu
- RISTK – restituční index systolického tlaku
- 1-RM – One Repetition Maximum; jednou opakovatelné maximum
- RPE – Rating of Perceived Exertion; hodnocení vnímání intenzity zatížení
- RQ – respirační kvocient
- SD – Standard Deviation; směrodatná odchylka
- SF – srdeční frekvence
- SF_{klid} – klidová (výchozí) srdeční frekvence
- SF_{peak} – maximální dosažená srdeční frekvence
- SF_{trén} – tréninková srdeční frekvence
- SF_{VT1 (VT2)} – hodnota srdeční frekvence časově odpovídající prvnímu (druhému) ventilačnímu prahu
- SpO₂ – saturace kyslíku v krvi
- STK – systolický krevní tlak
- STK_{REC1} – rychlost poklesu systolického krevního tlaku v 1. minutě zotavovací fáze
- STPD – korekční faktor pro přepočet objemu O₂ a CO₂
- SV – Stroke Volume; systolický (tepový) objem
- SVi – tepový objem vztažený na 1 m² tělesného povrchu
- T1/2(exp) – poločas poklesu příjmu kyslíku v recovery fázi spiroergometrického vyšetření vypočítaný z exponenciální rovnice
- T1/2 VO_{2rec} – poločas poklesu příjmu kyslíku v recovery fázi spiroergometrického vyšetření
- TC HR – časová konstanta srdeční frekvence v recovery fázi spiroergometrického vyšetření
- TC VO₂ – časová konstanta příjmu kyslíku v recovery fázi spiroergometrického vyšetření
- TK – krevní tlak
- trendVE_{nadir} – spojnice všech lokálních minimálních hodnot oscilací VE (nadir bodů)

- VA – alveolární ventilace
- VC – vitální kapacita plic
- VCO₂ – výdej oxidu uhličitého
- VCO_{2peak} – maximální dosažená hodnota výdeje oxidu uhličitého
- VCO_{2rec} – výdej oxidu uhličitého v zotavovací fázi (recovery) spiroergometrického vyšetření
- VCO_{2startW} – hodnota výdeje oxidu uhličitého na začátku zátěžové fáze spiroergometrického vyšetření
- VCO_{2VT1 (VT2)} – hodnota výdeje oxidu uhličitého časově odpovídající prvnímu (druhému) ventilačnímu prahu
- $\Delta VCO_2/\Delta W$ – strmost vzestupu určitého úseku výdeje oxidu uhličitého, která je definována rozdílem dvou vybraných hodnot výdeje oxidu uhličitého a rozdílem dvou příslušných hodnot výkonu (Δ = delta, označuje diferenci mezi dvěma zvolenými body)
- VCO₂/W slope – směrnice strmosti vzestupu výdeje oxidu uhličitého v závislosti na zátěži
- VD – funkční (též fyziologický) mrtvý prostor; physiological dead space
- VDm – mrtvý prostor dýchacího ventilu přístroje (breathing valve dead space)
- VD/VT – poměr funkčního (fyziologického) mrtvého prostoru k dechovému objemu
- VE – minutová ventilace
- VENadir1 – hodnota minutové ventilace v nejnižším bodu začátku oscilační vlny VE
- VENadir2 – hodnota minutové ventilace v nejnižším bodu na konci oscilační vlny VE
- VE_{peak} – maximální dosažená hodnota minutové ventilace
- VERec – minutová ventilace v zotavovací fázi (recovery) spiroergometrického vyšetření
- VE_{startW} – hodnota minutové ventilace na začátku zátěžové fáze spiroergometrického vyšetření
- VE_{VT1 (VT2)} – hodnota minutové ventilace časově odpovídající prvnímu (druhému) ventilačnímu prahu
- VE/VCO₂ slope – závislost (regresní vztah) minutové ventilace na změnách výdeje oxidu uhličitého
- VE/VCO₂ slope rec – závislost (regresní vztah) minutové ventilace na změnách výdeje oxidu uhličitého v zotavovací fázi (recovery) spiroergometrického vyšetření
- $\Delta VE/\Delta W$ – strmost vzestupu určitého úseku minutové ventilace, která je definována rozdílem dvou vybraných hodnot minutové ventilace a rozdílem dvou odpovídajících hodnot výkonu (Δ = delta, označuje diferenci mezi dvěma zvolenými body)
- VE/W slope – směrnice strmosti vzestupu minutové ventilace v závislosti na zátěži odvozená z regresní rovnice
- VMK – volné mastné kyseliny
- VO₂ – příjem kyslíku
- VO₂.kg⁻¹ – příjem kyslíku přepočtený na kilogram hmotnosti
- VO_{2max} – nejvyšší hodnota příjmu kyslíku při zátěžovém testu, která splňuje podmínku, že při zvyšující se zátěži již příjem kyslíku dále nestoupá a přechází do plató VO₂. Pokud plató VO₂ není detekováno, pak lze hodnotu VO_{2peak} považovat za VO_{2max}, pokud bylo dosaženo plného metabolického vyčerpání charakterizovaného hodnotou RER_{peak} minimálně 1,10 u nemocných a $\geq 1,15$ u sportovců
- VO_{2peak} – nejvyšší hodnota příjmu kyslíku, které daný jedinec dosáhl při zátěžovém testu
- VO_{2R} – rezerva příjmu kyslíku
- VO_{2rec} – příjem kyslíku v zotavovací fázi (recovery) spiroergometrického vyšetření
- VO₂-REC₂ – pokles příjmu kyslíku v recovery fázi spiroergometrického vyšetření za 2 minuty
- %VO₂-REC₂ – procentuální pokles příjmu kyslíku v recovery fázi spiroergometrického vyšetření za 2 minuty
- VO_{2SC} – pomalá komponenta příjmu kyslíku
- VO₂/SF – tepový kyslík
- VO_{2VT1} – příjem kyslíku na úrovni prvního ventilačního prahu, tj. hodnota prvního ventilačního prahu
- VO_{2VT2} – příjem kyslíku na úrovni druhého ventilačního prahu, tj. hodnota druhého ventilačního prahu
- $\Delta VO_2/\Delta W$ – strmost vzestupu určitého úseku příjmu kyslíku, která je definována rozdílem dvou vybraných hodnot příjmu kyslíku a rozdílem dvou příslušných hodnot výkonu (Δ = delta, označuje diferenci mezi dvěma zvolenými body)
- V/Q – poměr ventilace a perfuze v plicích (ventilačně-perfuzní poměr)
- V/Q mismatch(ing) – ventilačně-perfuzní nerovnováha (nesoulad)
- VRS – ventrální respirační skupina, tj. skupina respiračních neuronů v prodloužené míše
- VSA – vazospastická angina pectoris
- VT – dechový objem

VT1 – první ventilační práh

VT2 – druhý ventilační práh

W – výkon ve wattech

$W \cdot kg^{-1}$ – výkon přepočtený na kilogram hmotnosti

WL – Workload; výkon ve wattech

$\Delta W/min$ – strmost vzestupu zátěže za minutu při rampovém protokolu spiroergometrického vyšetření

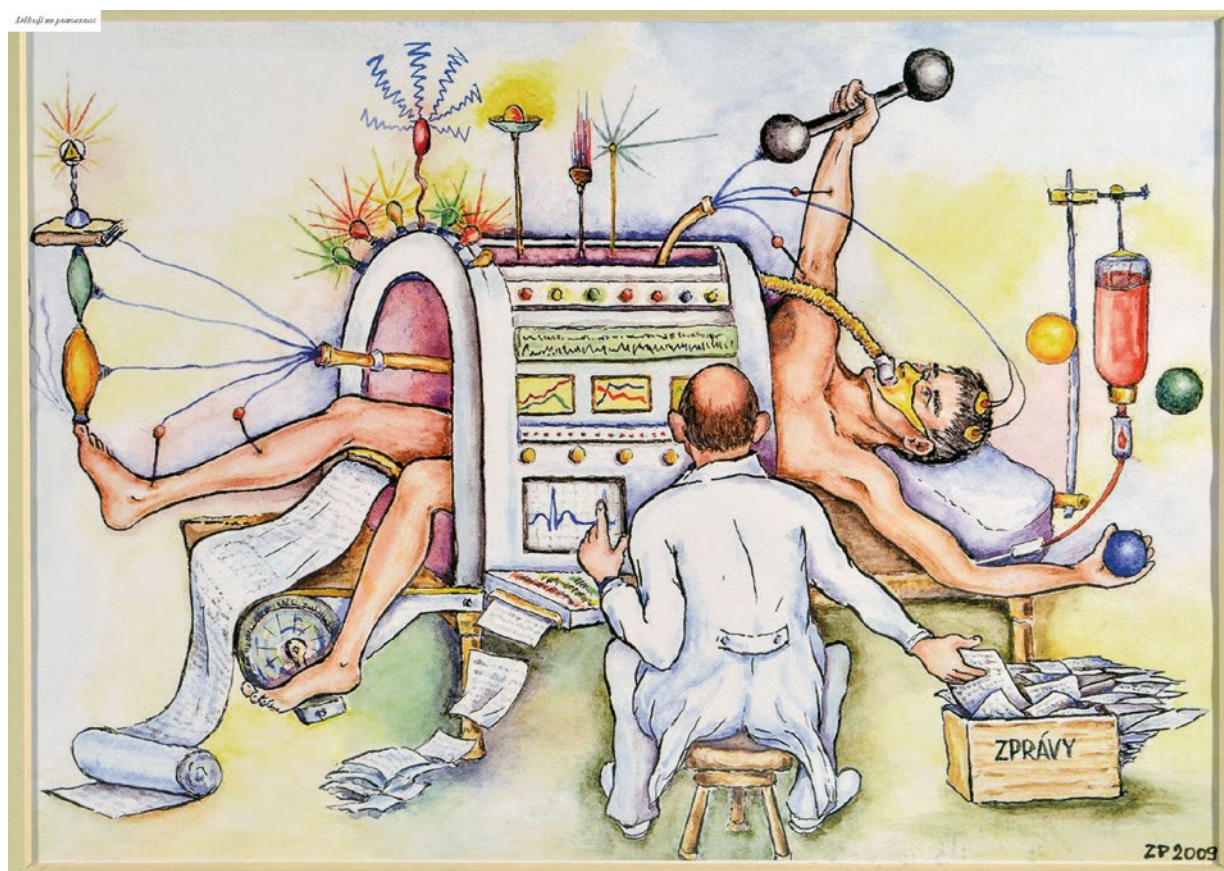
W_{peak} – maximální dosažený výkon ve wattech

WR – Work Rate; výkon ve wattech

$W_{VT1 (VT2)}$ – výkon časově odpovídající prvnímu (druhému) ventilačnímu prahu

době v jejich práci pokračuje a Kliniku tělovýchovného lékařství a rehabilitace dále rozvíjí nynější přednosta profesor MUDr. Petr Dobšák, CSc.

Profesor Placheta velmi rád maloval. Dovolujeme si zde otisknout jeho obrázek, který visí na renomovaných pracovištích zátěžových laboratoří v USA a který dokumentuje jeho úžasný životní nadsázekový pohled a smysl pro humor. Obrázek, který s nadsázkou ukazuje složitost spiroergometrického vyšetření, dokumentuje také velké množství získaných výsledků, které doposud končí bez dostatečného využití v praxi.



Úvod

Poslední kniha publikovaná autory z našeho pracoviště zabývající se zátěžovou diagnostikou vyšla v roce 1999 (Placheta, Z. et al. *Zátěžová diagnostika v ambulanci a klinické praxi*). Za uplynulých 20 let se výrazně zdokonalilo přístrojové vybavení a zlepšily se možnosti podrobnější analýzy spiroergometrického vyšetření. V současné době se na našem pracovišti provádí průměrně 1000 spiroergometrií ročně u zdravých lidí, nemocných pacientů i vysoce výkonných sportovců. Nahromaděné poznatky jsme se snažili zahrnout do předkládané knihy.

V současném českém písemnictví stále chybí kniha zabývající se komplexně spiroergometrickým vyšetřením pro široké spektrum indikací. I to nás vedlo k sepsání této monografie, u které jsme se snažili využít našich zkušeností vycházejících z mnohaleté praxe, a proto mottem předkládané knihy by mohlo být „z praxe do praxe“.

Publikace je určena nejen lékařům provádějícím spiroergometrické vyšetření, ale i dalším odborníkům, kteří se setkávají s výsledky spiroergometrie a kterým by kniha mohla pomoci tyto výsledky správně interpretovat a optimálně využít ve své praxi (odborníci zabývající se kardiovaskulární rehabilitací, posudkoví lékaři, praktičtí lékaři a trenéři výkonnostních a vrcholových sportovců). Kniha je také určena studentům lékařských a sportovních fakult a všem dalším zájemcům o tuto problematiku.

Úvodní kapitoly jsou věnovány fyziologickým dějům probíhajícím při zátěži, základním technickým předpokladům a metodickým postupům správného provedení spiroergometrie. Rozsáhlá třetí kapitola popisuje jednotlivé parametry sledované při spiroergometrii s grafickým zobrazením kinetiky jejich změn při zátěži. K názorné ilustraci kinetiky změn jednotlivých parametrů a jejich vzájemných souvislostí v zátěžové a zotavovací fázi spiroergometrického vyšetření jsou použity standardní,

ale i nové, v jiných knižních publikacích zatím dosud nepoužívané typy barevných grafů. Čtvrtá kapitola se zabývá stanovením ventilačních prahů a okrajově také přehledem problematiky laktátových prahů. Vcelku novou oblastí je popis zotavovací fáze spiroergometrického vyšetření v páté kapitole. Šestá kapitola uzavírá obecnou část a zabývá se celkovým hodnocením výsledku spiroergometrie. Další kapitola je věnována aplikaci výsledků spiroergometrie u vybraných kardiologických onemocnění. Osmá kapitola se zabývá kardiovaskulární rehabilitací a zejména správným způsobem preskripce tréninkových parametrů pro různé modalitly aerobního vytrvalostního tréninku (kontinuální trénink s konstantní zátěží, intervalový trénink a excentrický trénink s konstantní zátěží) v rámci kardiovaskulární rehabilitace. Závěrečná kapitola je věnována využití spiroergometrického vyšetření ve sportovní medicíně – v ledním hokeji a ve veslování. V kapitole o veslování je navržen nový spiroergometrický test, kterým lze stanovit schopnost dostatečně dlouho pracovat na vysokých procentech maximálního příjmu kyslíku.

Je naším velkým přáním, aby předložená monografie splnila svůj cíl – tedy aby seznámila všechny cílové skupiny čtenářů s možnostmi využití spiroergometrického vyšetření pro klinickou i sportovní praxi.

Na závěr bychom rádi poděkovali zejména našim nejbližším rodinným příslušníkům za trpělivost, pochopení a poskytnutí potřebného zázemí při psaní této knihy. Poděkování patří také současnému i minulému vedení kliniky za podporu ve vědecké práci a všem spolupracovníkům Kliniky tělovýchovného lékařství a rehabilitace FN u sv. Anny v Brně, bez jejichž každodenní práce bychom těžko nashromáždili tolik výsledků. Děkujeme též oběma recenzentům za užitečné připomínky, sponzorům a samozřejmě nakladatelství Grada Publishing.

Existuje mnoho dobrých důvodů dát mu SORTIS®.
Tady je 7 z nich.



**U pacientů
s chronickou
renální insuficiencí
bez nutnosti úpravy
dávkování¹**



SORTIS
atorvastatinum

Síla. Jistota. Důvěra.

Zkrácená informace o přípravku:

Sortis 10, 20, 40, 80 mg potahované tablety. Složení: Atorvastatinum 10, 20, 40, 80 mg v jedné potahované tabletě. Pomocné látky se známým účinkem: 1 potahovaná tableta obsahuje 27,25 mg nebo 54,50 mg nebo 109,00 mg či 218,00 mg monohydrátu laktosy; a další pomocné látky. **Indikace:** Primární hypercholesterolemie, familiární hypercholesterolemie (včetně homozygotní formy u dospělých pacientů) nebo smíšená hyperlipidémie (typ IIa nebo typ IIb podle Fredricksona) u dospělých a dětí ve věku 10 let a starších. Prevence kardiovaskulárních příhod u dospělých pacientů s předpokládaným vysokým rizikem první kardiovaskulární příhody. Léčbu zahajujeme, pokud dieta a jiná nefarmakologická opatření nebyla dostatečně účinná. **Dávkování a způsob podání:** Počáteční dávka je pro všechny indikace obvykle 10 mg atorvastatinu jedenkrát denně. Pro dosažení cílových hladin LDL-cholesterolu může být nutné použít vyšších dávek. Maximální denní dávka je 80 mg atorvastatinu. Dávkování u dětí: Léčba by měla být řízena pouze specialisty. Atorvastatin není indikován k léčbě pacientů mladších 10 let. **Kontraindikace:** Hypersenzitivita na složky přípravku, jaterní onemocnění v aktivním stavu, neobjasněné přetrvávající zvýšení sérových transamináz na více než trojnásobek normálních hodnot, těhotenství, kojení, ženy ve fertilním věku, které nepoužívají vhodnou antikoncepci. Léčba antivirotky glekaprevirem/pibrentasvirem proti hepatitidě C. **Zvláštní upozornění:** Jaterní testy by měly být provedeny před a pravidelně kontrolovány v průběhu léčby. Pokud přetrvávají více než trojnásobně zvýšené hodnoty transamináz, doporučuje se dávku přípravku Sortis snížit nebo terapii vysadit. Léčbu je nutné přerušit, objeví-li se významné zvýšení CK nebo je diagnostikována rhabdomyolýza. Atorvastatin se nesmí podávat současně se systémovou léčbou kyselinou fusidovou nebo během 7 dnů po ukončení léčby kyselinou fusidovou. **Interakce:** Riziko myopatie stoupá při současném užívání atorvastatinu a následujících léků: např. erythromycin, cyklosporin, telithromycin, klarithromycin, delavirdin, stiripentol, ketokonazol, vorikonazol, itraconazol, posakonazol, inhibitory HIV proteázy, kyselina fusidová, kolchicin aj. Při současném podávání přípravku Sortis a inhibitorů cytochromu P450 3A4 je třeba opatrnosti. Atorvastatin se nedoporučuje u pacientů užívajících letermovir souběžně podávaný s cyklosporinem. Při užívání antivirotky elbasvir/grazoprevir proti hepatitidě C nebo letermovir v profylaxi infekce cytomegalovirem souběžně s atorvastatinem nesmí dávka atorvastatinu překročit 20 mg/den. **Fertilita, těhotenství a kojení:** Sortis je kontraindikován. **Účinky na schopnost řídit a obsluhovat stroje:** Nežádoucí účinky: Časté: nasofaryngitida, alergické reakce, hyperglykémie, bolest hlavy, faryngolaryngeální bolest, epistaxe, zácpa, plynatost, dyspepsie, nauzea, průjem, myalgie, artralgie, bolest končetin, zad, svalové křeče, otok kloubů, zvýšení CK a jaterních testů. **Předávkování:** Speciální léčba neexistuje, pacienta je třeba léčit symptomaticky. Je třeba monitorovat jaterní testy a CK v séru. **Uchovávání:** Žádné zvláštní podmínky. **Balení:** m.j. 30 nebo 100 tablet v blistru. **Jméno a adresa držitele rozhodnutí o registraci:** Pfizer, spol. s r.o., Stroupežnického 17, 150 00 Praha 5, ČR. **Registrační číslo:** Sortis 10-40 mg: 31/233-5/99-C, Sortis 80 mg: 31/397/03-C. **Datum poslední revize textu:** 1. 9. 2019. Výdej léčivého přípravku je vázán na lékařský předpis. Přípravek je hrazen z prostředků veřejného zdravotního pojištění. Před předepsáním se prosím seznámte s úplnou informací o přípravku.

Reference: 1. SPC Sortis.

SOR-2020.01.001

Pfizer, spol. s r. o., Stroupežnického 17, 150 00 Praha 5,
telefon: 283 004 111, fax: 251 610 270, www.pfizer.cz

I ♥ ORIGINALS

Pfizer

Upjohn
A Pfizer Company

1 Transportní systém a fyziologická odezva organismu na zatížení

Dobšák P.

1.1 Úvod

Fyzická aktivita je základním kamenem oborů tělovýchovné lékařství a rehabilitace, které mají v rámci klinické medicíny nezpochybnitelné interdisciplinární postavení. Velmi zjednodušeně lze lidský organismus v průběhu fyzické zátěže přirovnat ke stroji, například k motoru automobilu. Pro chod stroje (motoru) je nezbytná přeměna jednoho typu energie na jiný a stejně tak to platí i pro organismus člověka, který během tělesné (svalové) práce konvertuje chemickou energii na mechanickou. A podobně jako stroj i lidský organismus je schopen zvýšit intenzitu fyzické zátěže zvýšeným přísunem a utilizací energetických substrátů (Brooks, 2004). Přirovnání lidského těla k motoru auta však není zcela přesné. Na rozdíl od něj je náš organismus schopen rozsáhlých adaptačních procesů, které jsou odpovědí na zátěžové stimuly, a díky tomu tak může postupně zlepšovat svoje životní funkce. V kontrastu s tím je absence zátěžových podnětů (tedy hypo- nebo inaktivita) důvodem snížení či zhoršení funkční kapacity. Podnět je vlastně tzv. stresor (nebo také stresogenní podnět), na který organismus reaguje komplexní aktivací řady biosystémů. Pravidelně opakované podněty neboli stresory (trénink) navozují v dlouhodobém horizontu stav adaptace, jejímž odrazem je zlepšená (zvýšená) funkční kapacita. Z fyziologického hlediska je hlavním cílem jakéhokoliv tréninkového procesu zatěžovat organismus tak, aby se procesy adaptace skutečně aktivovaly. Trénink má přínos a smysl pouze tehdy, jestliže jsou tělesné systémy zatěžovány dostatečně intenzivně. Na straně druhé může zátěž nepřiměřeně vysoká způsobit vážné zdravotní problémy, především přetížení (přetrénování) nebo poškození. Proto je třeba při tvorbě tréninkových programů nebo ordinaci pohybové léčby dbát na citlivý přístup a respektovat individuální zvláštnosti jedince.

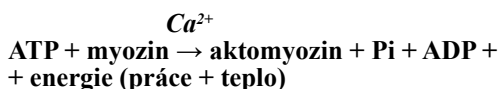
Svalová práce, jako základní projev fyzické zátěže, je zabezpečena řadou bioenergetických procesů, které regulují a limitují zdatnost a výkonnost. Fyzická zátěž

simultánně spouští v organismu člověka množství fyziologických procesů, které zahrnují změny ventilace, cirkulace a sekreční aktivity neuroendokrinních systémů. Schopnost organismu člověka zabezpečovat energetické krytí tělesné práce delší než 30 s je zcela závislá na přísunu a utilizaci kyslíku (O_2). Protože převážná většina denních (habituálních) činností trvá déle než 90 s, představuje utilizace O_2 základní existenční atribut života (Placheta, 1999; Brooks, 2004). Příjem kyslíku (VO_2) stoupá proporcionálně se zvyšující se intenzitou zátěže (od klidového stavu přes mírnou, těžkou až do maximální). Nejvyšší hodnota příjmu kyslíku při zátěžovém testu (tzv. maximální aerobní kapacita), které daný jedinec dosáhl, je označována symbolem VO_{2peak} . Pokud tato hodnota (VO_{2peak}) splňuje podmínku, že při zvyšující se zátěži již dále nestoupá a přechází do „plató VO_2 “, pak se označuje jako VO_{2max} (Whipp, 2010). Referenční hodnoty, se kterými se maximální dosažená hodnota příjmu kyslíku srovnává, jsou v této knize označeny symbolem $refVO_{2max}$ (více podrobností v kapitole 3.2.2). Dosažená maximální aerobní kapacita je důležitý faktor reflektující tzv. kardiiovaskulární zdatnost (fitness) a její hodnota může být ovlivněna různými patologickými stavy, poškozujícími jednotlivé složky transportního systému na jakékoli úrovni.

1.2 Energetické zdroje pro svalovou práci (ATP-CrP systém, anaerobní glykolýza, aerobní fosforylace)

Jakákoliv forma lidského pohybu představuje sérii komplexních bioenergetických reakcí. **Adenozintrifosfát (ATP) je základní substrát pro svalovou kontrakci** a také pro jiné druhy buněčných aktivit. Základní funkci biosystémů člověka na buněčné, tkáňové či orgánové úrovni je **udržování konstantní koncentrace ATP v intracelulárním prostoru** (tzv. homeostáza ATP). Při

krátkodobých, velmi intenzivních silových výkonech v trvání několika sekund (maximálně do 1 minuty) je svalová práce kryta tzv. okamžitými a částečně také neoxidativními (glykolytickými) energetickými zdroji. U tělesné zátěže nad 120 s (a déle) převažují aerobní (oxidativní) energetické procesy (Placheta, 1999; Cooper, 2004; McArdle, 2014). Chemicko-mechanickou energetickou transformaci při svalové kontrakci lze vyjádřit takto:

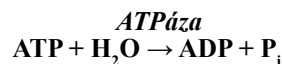


V průběhu této reakce dochází (v přítomnosti iontů Ca^{2+}) ke spojení obou kontraktilních proteinů aktinu a myozinu (Brooks, 2004; Cooper, 2004).

1.2.1 Okamžité energetické zdroje (ATP-CrP systém)

Tyto zdroje jsou celkem tři.

První z nich je **vlastní ATP**, který je metabolizován specifickými enzymy, tzv. ATPázami (adenozintrifosfázami). Protože tato reakce vyžaduje přítomnost H_2O , označuje se degradace ATP jako hydrolýza:

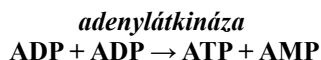


Chemickými produkty hydrolýzy ATP je adenosindifosfát (ADP) a anorganický fosfor (P_i). Tělesná zátěž představuje cyklický proces střídání svalové kontrakce a relaxace, který je provázen kontinuální hydrolýzou ATP na ADP a následně resyntézou ATP díky fosforylaci ADP. Hodnota volné energie vznikající hydrolýzou ATP je přibližně $7,3 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$. Druhým okamžitým zdrojem je **kreatinfosfát (CrP)**, též někdy označovaný jako fosfokreatin (PCr). CrP je vysokoenergetická forma kreatinu obohaceného o fosfátovou skupinu a jeho koncentrace ve svalovém vláknu je v průměru šestkrát vyšší než obsah ATP. CrP slouží k regeneraci ATP během svalové práce. Při této reakci, kterou katalyzuje enzym kreatinkináza, dochází ke spojení ADP (který vznikl degradací ATP) a CrP za vzniku ATP a kreatinu:



Z výše uvedené rovnice vyplývá, že CrP je velmi důležitý intracelulární energetický systém, který je schopen rychle nahrazovat depleci ATP při procesech kontrakce.

Třetí okamžitý zdroj energie pro svalovou práci představuje enzymatický systém **adenylátkináza**, zvaný též myokináza. Tento enzym katalyzuje reakci, při níž ze dvou ADP vzniká ATP a AMP (adenozinmonofosfát):



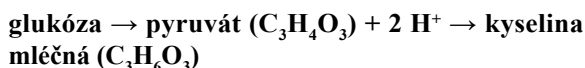
Všechny tři okamžité energetické zdroje a příslušné svalové kinázy jsou hydrosolubilní. Intracelulárně se nacházejí v těsném sousedství kontraktilního aparátu aktinu a myozinu, takže jsou okamžitě k dispozici při svalové kontrakci. Kvantitativně jsou ATP a CrP schopny zabezpečit energetické potřeby v případě vysoce intenzivní (maximální) svalové kontrakce nejvýše po dobu 15–20 sekund. Pokud však svalová práce trvá déle, musí se aktivovat další energetické systémy (Cooper, 2004; McArdle, 2014).

1.2.2 Neoxidativní (glykolytické) energetické zdroje

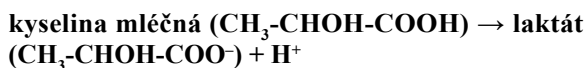
Úvodem je nutno připomenout, že na utilizaci tuků (volných mastných kyselin) je nutný kyslík, proto za anaerobních podmínek je jediným zdrojem energie glukóza a zásobní forma glykogen.

Štěpení glukózy (glykolýza) **probíhá v cytosolu buňky**. Svalová tkáň má obecně vysokou koncentraci glykolytických a glykogenolytických enzymatických systémů, takže je schopna velmi rychle a efektivně obě substance metabolizovat.

Pro zahájení štěpení 1 molekuly glukózy jsou vždy nutné 2 ATP. Při glykolýze 1 molekuly glukózy vznikají vždy 2 molekuly pyruvátu, celkově 4 ATP a 2 molekuly NAD^+ (nikotinamidadenindinukleotidu) se mění na 2 molekuly NADH. Celkový zisk je tedy v této fázi jen 2 ATP. **Pyruvát se potom teoreticky může dále metabolizovat buď aerobně, nebo anaerobně.** Při anaerobní glykolýze nemohou být H^+ oxidovány, ale jen se naváží na pyruvát za vzniku kyseliny mléčné:



Kyselina mléčná disociuje na LA^- a H^+ :

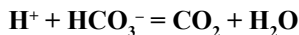


Následující schéma ukazuje, že při anaerobní glykolýze vzniknou z jedné molekuly glukózy nakonec pouze

2 molekuly ATP, dva anionty laktátu a dva volné vodíkové ionty:



Hromadění H^+ způsobí metabolickou acidózu, kterou organismus koriguje **nárazníkovou reakcí**:



(H^+ je v HCO_3^- nárazníku zachycen a uvolňuje se CO_2 .)

Při nedostatku kyslíku (např. v intenzivně pracujícím svalu) a v buňkách s nízkým počtem mitochondrií se pyruvát odbourává především na laktát.

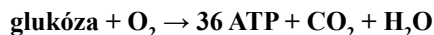
V myofibrilách kosterních svalů je ovšem koncentrace volné glukózy velmi nízká, proto hlavní energetický zdroj představuje štěpení glykogenu ze zásobních granul. Podobně jako okamžité energetické zdroje jsou i neoxidativní systémy hydrosolubilní. V buněčném cytosolu jsou i ony umístěny v blízkosti kontraktálního aparátu, a tak mohou být rychle zapojeny do energetických procesů v případě, že svalové kontrakce trvají déle než 20 s. Z kvantitativního hlediska je množství využitelné energie z neoxidativních zdrojů podstatně vyšší než ze zdrojů okamžitých (ATP, CrP), avšak oba systémy dohromady tvoří jen malou část energetické suplementace pro svalovou práci ve srovnání s metabolismem oxidativním.

V této souvislosti je nutné zmínit důležitou skutečnost. Při anaerobní glykolýze vzniká kyselina mléčná, přesněji řečeno laktátový anion a proton (H^+). Produkce, distribuce a utilizace laktátu v průběhu fyzické zátěže představuje velmi významný spojovací článek mezi glykolytickým a oxidativním metabolismem (Cooper, 2004; McArdle, 2014).

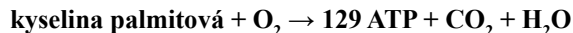
1.2.3 Oxidativní energetické zdroje

Oxidace probíhá v mitochondriích. Výchozí látkou jsou zejména pyruvát a mastné kyseliny, obě látky v mitochondriální matrix procházejí reakcemi, při nichž vzniká **acetylkoenzym A**. Pyruvát prochází dekarboxylací, mastné kyseliny beta-oxidací. Acetylkoenzym A následně vstupuje do Krebsova cyklu, což je série reakcí, které umožňují redukci koenzymů, a to nikotinamidadeninindukleotidový NAD^+ na NADH a flavinový FAD (flavinadeninindukleotid) na FADH_2 . Elektrony z těchto koenzymů jsou předávány do dýchacího řetězce, jenž je umístěn na vnitřní membráně mitochondrie. Intenzita buněčného dýchání je přitom závislá na počtu krist v mitochondriích. V buňkách energeticky vytiže-

ných (např. myokard) je vysoký počet mitochondrií s vysokým počtem krist. To umožňuje vyšší zásobení kyslíkem, který se v konečné fázi řetězce spojuje s vodíkem za vzniku vody. Jak vyplývá z následujícího schématu, ve srovnání s anaerobní glykolýzou je oxidativní utilizace glukózy energeticky mnohem efektivnější:



Na rozdíl od sacharidů **probíhá metabolizace mastných kyselin z lipidů výhradně oxidativní cestou**, ale energetická výtěžnost je vyšší. Následující příklad ukazuje výsledek oxidativní utilizace kyseliny palmitové:



Podobně jako u lipidů **také katabolismus aminokyselin je pouze oxidativní**. Obecně však aminokyseliny představují slabý a méně preferovaný energetický zdroj pro svalovou práci.

Ve srovnání s energetickým potenciálem okamžitých zdrojů a neoxidativní metabolizace glukózy je energetický přínos oxidativního systému podstatně větší. Jak vyplývá z údajů v tab. 1.1, množství energie poskytované spalováním svalového a jaterního glykogenu je prakticky zanedbatelné ve srovnání s energetickými rezervami v lipidech a proteinech.

Dva ze tří tělesných energetických systémů (okamžité a neoxidativní) nepotřebují pro svoji funkci kyslík. Z těchto důvodů jsou proto označovány jako systémy **anaerobní**, tedy na kyslíku nezávislé. Termín **aerobní** se pak používá pro oxidativní energetický systém, který je zcela závislý na přítomnosti kyslíku. Ačkoliv je energetická kapacita okamžitých a neoxidativních zdrojů podstatně menší ve srovnání s oxidativním potenciálem, oba systémy mají pro tělesnou zátěž nesmírný význam. **Jsou totiž okamžitým energetickým zdrojem v nejranějších fázích svalové práce**, zatímco nástup oxidativního metabolismu je postupný a celkově pomalejší.

Tab. 1.1 Odhad energetických zásob v kosterních svaích, hepatocytech, lipidech (triacylglyceroly v adipocytech) a proteinech (Brooks, 2004)

	Energetický potenciál (kcal)
svalový glykogen	480
jaterní glykogen	280
lipidy (triacylglyceroly)	141 000
proteiny (aminokyseliny)	24 000

Všechny tři systémy jsou vzájemně propojeny a jejich podíl na bioenergetických procesech během tělesné zátěže závisí na řadě faktorů (Cooper, 2004; Wasserman, 2012; McArdle, 2014).

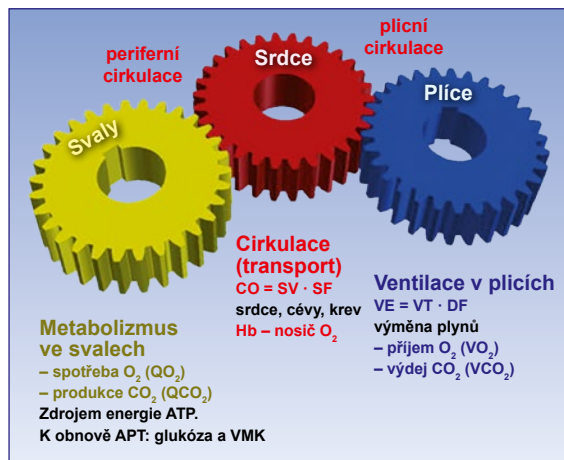
1.3 Transportní systém a celulární respirace

Tělesná zátěž je pod kontrolou fyziologických regulačních mechanismů, které efektivně zabezpečují precizní souhru pulmonálního a kardiovaskulárního systému nezbytnou pro zabezpečení zvýšené utilizace O_2 na buněčné úrovni, tzv. celulární respirace. Na úrovni buňky se mluví o spotřebě kyslíku (QO_2) a současně i odpovídající produkci CO_2 (QCO_2). Abnormality kardiovaskulárního nebo pulmonálního systému jsou důvodem poruchy výměny krevních plynů. Hlavními složkami transportního systému jsou plic, krevní oběh (včetně hemoglobinu) a tkáň (orgány) (obr. 1.1).

Funkční parametry plic se označují jako ventilačně-respirační a patří k nim především dechové objemy, dechová frekvence, minutová ventilace, difuze, příjem O_2 (VO_2) a výdej CO_2 (VCO_2). Hlavní funkční parametry kardiovaskulárního systému (myokard a krevní cirkulace) jsou systolický a diastolický objem, srdeční frekvence, minutový výdej srdeční, arterio-venózní difference O_2 . Nejvýznamnější funkční parametry tkání a orgánů jsou zejména spotřeba kyslíku (QO_2), produkce CO_2 (QCO_2), difuze, parciální tlak v kapilárách, arterio-venózní difference, laktát a pyruvát (Placheta, 1999).

Spojujícím článkem pulmonální (VO_2 a VCO_2) a celulární respirace (QO_2 a QCO_2) je kardiovaskulární systém. Jestliže vzroste spotřeba O_2 na celulární úrovni, zvětší se arterio-venózní difference O_2 v tkáních a zvýší cirkulační obrát. Pro choroby kardiovaskulárního systému je typické, že růst VO_2 neodpovídá potřebám celulární utilizace O_2 (QO_2), produkce (a kumulace) laktátu výrazně vzroste již při nižších intenzitách zátěže. Průměrný přírůstek CO_2 za jednu minutu zátěže mírné intenzity odpovídá přibližně 40 000 mmol $H^+ \cdot \text{min}^{-1}$. To je asi 10 000krát více, než je celkové množství H^+ v organismu (cca 3,4 mmol). Proto musí být odstraňování CO_2 velmi rychlé a k udržení fyziologického rozmezí pH plazmy musí respirační kontrolní mechanismy zvýšit ventilaci adekvátně k množství CO_2 přiváděného do plic.

Při zvýšené spotřebě O_2 ve svalech je zvýšená dávka O_2 zajištěna vazodilatací příslušného periferního cévního řečiště, zvýšenou extrakcí O_2 a zvýšením srdečního výdeje. V plicním cévním řečišti dochází k vazodilataci. Příjem kyslíku je úměrný míře desaturace hemoglobinu v krvi přitékající do plicních kapilár. Zvý-



Obr. 1.1 Schéma transportního systému

Vysvětlivky: QO_2 – spotřeba kyslíku na úrovni buňky, QCO_2 – produkce oxidu uhličitého na úrovni buňky, ATP – adenosin-trifosfát, VMK – volné mastné kyseliny, CO – minutový srdeční výdej, SV – systolický objem, SF – srdeční frekvence, Hb – hemoglobin, VE – minutová ventilace, VT – dechový objem, DF – dechová frekvence, VO_2 – příjem kyslíku, VCO_2 – výdej oxidu uhličitého

šená ventilace je úměrná zvýšené produkci CO_2 a navíc je ještě zvýšená při poklesu pH při acidóze v důsledku velké fyzické zátěže.

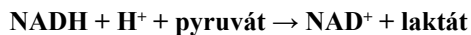
1.3.1 Celulární respirace a bioenergetické procesy během zátěže

Aerobní oxidace sacharidů a mastných kyselin je převažujícím zdrojem regenerace ATP při konstantní zátěži mírné intenzity. Udržení určité intenzity zátěže je záležitostí přiměřené odpovědi pulmonálního a kardiovaskulárního systému pro plné aerobní krytí procesu resyntézy ATP. Lokální zdroje ATP a CrP v myofibrilách jsou využívány v raných fázích zátěže po dobu maximálně 15–20 s. Během následujícího procesu anaerobní glykolýzy je nikotinamidadenindinukleotid (NAD^+) redukován na NADH, tj. „přijal H^+ k přenosu“.

NAD figuruje v metabolismu jako přenašeč H^+ a elektronů z jedné reakce do druhé. NAD^+ se v reakcích nachází ve svojí formě, kdy akceptuje elektron a redukuje se do NADH formy, která dále může fungovat jako dárcce, donor elektronu. Tyto reakce jsou hlavní funkcí NAD. V buňce se nachází přebytek NAD^+ , což umožňuje buňce mít dostatek zásob pro přenos H^+ .

Potom je NADH aerobně oxidován v mitochondriích (H^+ se odejme z NADH a pomocí O_2 je oxidován za

vzniku H_2O) anebo je anaerobně oxidován pyruvát (tj. pyruvát převezme proton H^+ a tak se mění na laktát):



Z toho vyplývá, že pyruvát může být využit jako oxidant pro regeneraci NAD^+ v podmínkách deficitu O_2 . Kromě toho, že anaerobní glykolýza poskytuje jen malé množství energie, je vznik každé molekuly laktátu provázen produkcí H^+ . Intramuskulární kumulace laktátu má tedy výrazný dopad na acidobazický stav organismu v průběhu zátěže a také na proces výměny krevních plynů (Cooper, 2004; Wasserman, 2012; McArdle, 2014).

Jakmile obnovu ATP přebírá aerobní metabolismus, spotřeba O_2 a produkce CO_2 reflektuje utilizaci sacharidů a mastných kyselin v pracujících svaích. Je tedy zřejmé, že všechny tři systémy se podílejí na suplementaci ATP odlišným způsobem, a proto i jejich vliv na výměnu krevních plynů není stejný (Cooper, 2004; McArdle, 2014).

Intenzivní krátkodobá fyzická aktivita (100m sprint, 25m kral nebo vzpírání) je záležitostí energetického krytí z tzv. okamžitých zdrojů. Tato energie téměř výhradně pochází z vysokoenergetických intramuskulárních fosfátů: adenosintrifosfát (ATP) a kreatinfosfát (CrP). Každý kilogram kosterního svalstva obsahuje 3–8 mmol ATP a asi 6x vyšší množství CrP. V průměru toto množství energeticky pokryje rychlou chůzi v trvání 1 minuty nebo sprint v délce 5–8 sekund. Teoreticky dojde k úplné depleci těchto zásob během 20 až 30 sekund vysoce intenzivní (vyčerpávající) zátěže (McArdle, 2014). U intenzivní krátkodobé fyzické zátěže probíhá následná resyntéza vysokoenergetických fosfátů rychlým tempem. Energie pro fosforylaci ADP v takových případech pochází převážně z rychlé anaerobní glykolýzy ze zásob svalového glykogenu s průvodní produkcí laktátu.

Literatura ke kapitole 1

- BROOKS, GA., FAHEY, TD., BALDWIN, KM. *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications*. 4th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2004, 928 p.
- COOPER, CB., STORER, TW. *Exercise testing and interpretation. A practical approach*. 1st ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2004, 292 p.
- MC ARDLE, WD., KATCH, FI., KATCH, VL. *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance (International Edition)*. 8th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2014, 1136 p.
- PLACHETA, Z., SIEGLOVÁ, J., ŠTEJFA, M., et al. *Zátěžová diagnostika v ambulanci a klinické praxi*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1999, 276 s.
- WASSERMAN, K., HANSEN, JE., SUE, DY., et al. *Principles of Exercise Testing and Interpretation. Including Pathophysiology and Clinical Applications*. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2012, 572 p.
- WHIPP, BJ. The Peak versus Maximum Oxygen Uptake Issue. Exclusive to The International Society for Exercise Intolerance Research and Education (ISEIRE) [online]. 2010, p. 1–10 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: http://cpxinternational.com/wp-content/uploads/2014/05/028_BJW-Vo2-Peak-vs-Max-final-2.pdf.

SYSTÉMOVÁ ENZYMOTERAPIE VE SPORTOVNÍ MEDICÍNĚ

Sport, kromě nesporně pozitivních účinků na zdraví, s sebou nese i riziko nejrůznějších poškození pohybového aparátu. **Jako součást komplexní terapie těchto onemocnění – konzervativní i chirurgické – se mohou velmi dobře uplatnit léky pro systémovou enzymoterapii (SET).**

Hlavními účinnými složkami těchto léků jsou proteolytické enzymy doplněné flavonoidem rutinem. Léky pro SET spojují velmi dobrý protitokový účinek s efektem protizánětlivým a analgetickým. Urychlují také vstřebávání hematomů a zlepšují průnik antibiotik do tkání. Navíc vykazují imunomodulační efekt.

Prolongované otoky s hematomy mohou být významnou překážkou hojení. Redukce otoku pomocí léků pro SET přispívá k uvolnění mikrocirkulace, které s sebou nese zlepšení žilní a lymfatické drenáže. To vše pomáhá lepšímu zásobení tkání kyslíkem a živinami, zlepšuje se také odplavování zplodin metabolického procesu. Výsledkem je urychlení hojení a sekundárně analgetický efekt léků pro SET. Stimulace aktivity fagocytujících buněk proteolytickými enzymy zrychluje vstřebávání hematomů. Nejvíce užívaným lékem pro SET je **Wobenzym®**.

Pozitivní účinky léků pro SET byly prokázány již před řadou let mnoha klinickými studiemi a stále je potvrzují zkušenosti z praxe. Ve sportovní medicíně lze úspěšně využít u dospělých i dětí jako součást komplexní léčby nejrůznějších typů sportovních úrazů a poranění, stejně jako u stavů po operacích (1, 2, 3). Další vhodnou indikací jsou bolestivé syndromy (včetně úžinových) z dlouhodobého jednostranného přetěžování, které jsou typické pro určité sportovní disciplíny a profese (4, 5, 6). U akutních aktivací artróz, které se také často pojí se sportem, je léčba SET srovnatelně účinná s léčbou nesteroidními antiflogistiky, má však méně nežádoucích účinků (7). Při komplexním vedení léčby tak může být jejich alternativou s vyšší mírou bezpečnosti

Ve všech těchto indikacích léky pro SET podporují a urychlují proces hojení a přispívají ke zkrácení tréninkového výpadku i pracovní neschopnosti.

1. Baumüller M. Enzyme zur Wiederherstellung nach Sprunggelenkdistorionen. *Zeitschrift für Allgemeinmedizin* 1992;68:61-65
2. Rahn HD. Begleitende Therapie durch hydrolytische Enzyme bei arthroskopischer Meniskusektomie. *Prakt. Sport-Traumatologie und Sportmedizin* 1994;10(3):123-127
3. Gál P et al. Systémová enzymoterapie v léčbě suprakondylické zlomeniny humeru u dětí. *Rozhl. Chir* 1998;77(12):574-576
4. Zlámal A. Lze zvýšit efektivitu léčby profesionálních poruch pohybového aparátu? *Prac. Léč* 2009;61(3):113-116
5. Nakládalová M et al. Systémová enzymoterapie jako možnost konzervativní léčby syndromu karpálního tunelu. *Prac. Léč* 2012;64(2-3):99-102
6. Židková V et al [online]. Effects of Exercise and Enzyme Therapy in Early Occupational Carpal Tunnel Syndrome: A Preliminary Study. *Biomed Res Int* 2019 [cit.06-11-2019]:www.dx.doi.org/10.1155/2019/8720493
7. Singer F, Oberleitner H. Ein Beitrag zur medikamentösen Therapie der aktivierten Arthrose. Zur Effektivität eines Enzymgemisches versus Diclofenac. *Wien Med Wochenschr* 1996;146: 55-58

Wobenzym® - zkrácená informace o přípravku:

Složení: pancreatinum 300 Protease Ph. Eur.-j., trypsinum 360 F.I.P.-j., chymotrypsinum 300 F.I.P.-j., bromelaina 225 F.I.P.-j., papainum 90 F.I.P.-j., amylasum 50 F.I.P.-j., lipasum 34 F.I.P.-j., rutosidum trihydricum 50 mg. **Celková proteolytická aktivita:** 570 F.I.P.-j., celková amylolytická aktivita: 4030 F.I.P.-j., celková lipolytická aktivita: 4525 F.I.P.-j. v 1 enterosolventní tabletě. **Farmakoterapeutická skupina:** Jiná léčiva pro poruchy muskuloskeletálního systému, enzymy. **Indikace:** Jako alternativa k dosud užívaným postupům – poúrazové otoky, lymfédem, fibrocystická mastopatie. Jako podpůrná léčba – některé pooperační stavy v chirurgii, záněty povrchových žil, potrombotický syndrom dolních končetin, revmatoidní artritida, revmatismus měkkých tkání, artróza (pokročilá stádia), mnohočetná mozkomíšní skleróza, chronické a recidivující záněty (v oblasti ORL, horních i dolních cest dýchacích, močového a pohlavního ústrojí, trávicí trubice, kůže aj.), jako podpůrná léčba při podávání antibiotik. **Kontraindikace:** Přecitlivělost na složky přípravku, situace spojené se zvýšeným sklonem ke krvácení nebo se zvýšenou fibrinolýzou. **Zvláštní upozornění:** Příležitostně může při chronických onemocněních po začátku léčby Wobenzymem nastat zhoršení příznaků. V tomto případě by neměl být lék vysazen, ale mělo by se zvážit eventuální přechodné snížení dávky. **Nežádoucí účinky:** Ojedinelé změny konzistence, barvy a zápachu stolice, alergické reakce. Při užívání vyšších jednotlivých dávek se mohou objevit pocíty plnosti, nadýmání, výjimečně nevolnost. **Dávkování:** Léčba se zahajuje dávkou 3x5 až 3x10 tbl. denně. S ústupem chorobných projevů se dávkování postupně snižuje až na udržovací dávku 3x3 tbl. denně. Při infekčních zánětech nenahrazuje léčbu antibiotiky, ale zvyšuje jejich účinek. **Děti:** 1 tableta na 6 kg tělesné hmotnosti. Během těhotenství a kojení by mělo být podávání Wobenzymu kriticky zváženo. **Balení:** po 40, 200, 300 a 800 enterosolventních tabletách. Uchovávání: při teplotě do 25°C. **Způsob výdeje a úhrady:** Volně prodejný lék. Bez úhrady z prostředků veřejného zdravotního pojištění. **Držitel rozhodnutí o registraci:** Mucos Pharma GmbH & Co. KG, Německo, reg.č.: 87/322/91-C. **Datum poslední revize textu:** 20.3.2018.

Úplné informace o léku jsou k dispozici v Souhrnu údajů o přípravku a na adrese: MUCOS Pharma CZ, s. r. o., Uhřetěveská 448, 252 43 Průhonice, tel.: 800 160 000, +420 267 750 003, e-mail: mucos@mucos.cz

Firemní sdělení. Určeno pro odbornou veřejnost. Datum přípravy: 11/2019

2 Praktické provedení spiroergometrického vyšetření

Homolka P.

Spiroergometrickým vyšetřením rozumíme zátěžové vyšetření na některém z obvyklých zátěžových zdrojů s analýzou vydechovaných plynů v klidu, během zátěže a během zotavovací fáze. V anglické literatuře se spiroergometrické vyšetření často vyjadřuje zkratkou CPX nebo CPET (cardiopulmonary exercise testing). Spiroergometrické vyšetření umožňuje posoudit kapacitu všech součástí transportního systému pro kyslík a určit jeho hlavní limitující faktory.

2.1 Indikace spiroergometrie

1. Posouzení funkční zdatnosti (u nemocných posouzení funkčního omezení):
 - a) ke stanovení funkčních parametrů u sportovců, zdravých osob a u nemocných;
 - b) k posouzení efektu tréninkových cyklů u sportovců, posouzení efektu pohybových programů u zdravých i nemocných lidí a k optimalizaci tréninku;
 - c) k posouzení efektu medikamentózní terapie u nemocných (ICHS, srdeční selhání) či invazivních výkonů (bypass, angioplastika, transplantace srdce, operace chlopni apod.);
 - d) pro posudkové účely.
2. Posouzení prognózy u nemocných se srdečním selháním, u nichž se zvažuje srdeční transplantace.
3. Stanovení optimální intenzity tréninkové zátěže pro kardiovaskulární rehabilitaci, pro rehabilitaci onkologických pacientů a pacientů s plicním onemocněním.
4. Predikce perioperačního rizika u nekardiálních hrudních a břišních operací.
5. Diferenciální diagnostika plicní a kardiální dušnosti. Klidové hodnoty často neodhalí dosud asymptomatické plicní nebo kardiovaskulární onemocnění. Diferenciálně diagnosticky lze podle výsledku spiroergometrie odhadnout typ postižení.

2.2 Kontraindikace spiroergometrie

Absolutní kontraindikace:

- akutní zánětlivá onemocnění (horečnatý stav, myokarditida, perikarditida, tromboflebitida, pneumonie apod.);
- akutní infarkt myokardu (po 2–3 týdnech po infarktu lze již provést CPX jako časný posthospitalizační submaximální test při celkově dobrém stavu, kdy je pacient kompenzovaný, tj. při chůzi do 2. patra je bez dušnosti, bez stenokardií a bez závažnějších arytmií);
- nestabilní angina pectoris;
- symptomatické závažné arytmie (komorová tachykardie apod.);
- globální respirační insuficience;
- hemodynamicky významné srdeční vady (těsná aortální a mitrální stenóza apod.);
- disekce aorty;
- maligní hypertenze;
- akutní srdeční selhání, akutní respirační insuficience;
- akutní plicní embolie, akutní cévní mozková příhoda;
- aktivní onemocnění jater, ledvin, endokrinní onemocnění, významná anémie;
- těžké neurologické a ortopedické postižení;
- těžká plicní hypertenze III. stupně [dušnost, únava, bolesti na hrudníku, (pre)synkopy již při běžné fyzické aktivitě].

Poznámka: Avšak u arteriální plicní hypertenze II. stupně, při které jsou potíže jen při větší fyzické aktivitě, by se CPX na specializovaných pracovištích mělo provádět (Aschermann, 2015).

Relativní kontraindikace:

- méně až středně významné arytmie (fibrilace síní a flutter síní zejména s tachyarytmií, atrioventrikulární blokáda II., III. stupně, sínokomorová blokáda s bradykardií);

- srdeční a cévní aneuryzma;
- hypertrofická obstrukční kardiomyopatie závažnějšího stupně;
- závažná hypertenze (klidový systolický TK nad 200 mm Hg nebo diastolický TK nad 115 mm Hg);
- některé nedostatečně kompenzované metabolické poruchy (diabetes mellitus, tyreotoxikóza, myxedém apod.);
- ortopedické nebo neurologické limitace;
- některé psychické poruchy;
- špatná spolupráce s pacientem, neochota.

2.3 Laboratorní podmínky

2.3.1 Prostředí laboratoře

Prostředí v laboratoři musí být klidné (co nejméně přítomných lidí), optimistické, musí být zajištěna dobrá cirkulace vzduchu (nejlépe klimatizace), teplota v místnosti by měla být 18–22 °C a vlhkost vzduchu pod 60 %.

2.3.2 Bezpečnostní opatření

K bezpečnostním opatřením řadíme signalizační zařízení, možnost okamžitého spojení s ARO, popřípadě s koronární jednotkou. K okamžitému použití musí být připraven funkční defibrilátor (s nabitou baterií), léčiva pro první pomoc, resuscitační vozík, dýchací vak.

2.3.3 Personál

Vyšetření provádí zkušený lékař s požadovanou specializovanou způsobilostí a vyškolená sestra. Lékař musí být přítomen každému zátěžovému vyšetření a udržuje stálý kontakt s vyšetřovaným. Při náhlé příhodě musí být lékař trvale u pacienta a řídí resuscitaci. Musí být přesně stanovené rozdělení úkolů pro rizikovou příhodu. Personál zátěžové laboratoře musí být pravidelně proškolený v resuscitaci.

2.3.4 Technické vybavení

Standardním moderním zátěžovým zdrojem je bicyklový ergometr s brzdou řízenou počítačem a měřením točivého momentu. Počítač zajišťuje udržení nastavené zátěže v širokém rozmezí otáček. Běžné ergometry pracují v rozsahu zátěže 6–999 wattů a s otáčkami

30–130/min. Mají výškově nastavitelná řídítka a sedlo, šlapátka s klipsnami pro upevnění nohou a počítač se zátěžovým softwarem, který zajišťuje správný průběh zátěžového testu dle lékařského naprogramování. Řada spiroergometrických jednotek obsahuje moduly na vyšetřování srdečního výdeje, pulzní oxymetrie, krevních plynů či RR variability. Plynové a objemové analyzátory musí být kalibrovány dle doporučení výrobce; standardně před provedením prvního testu dne, dále pak po každé výrazné změně teploty v laboratoři a po každé výměně průtokoměru či sušících hadiček. Většina moderních analyzátorů má integrovaná čidla na měření aktuální hodnoty teploty, barometrického tlaku a relativní vlhkosti. Trvale musí být nastavena přesná nadmořská výška. Dle těchto hodnot si přístroj nastavuje korekční faktory BTPS (pro přepočet hodnot ventilace) a STPD (pro přepočet objemu O_2 a CO_2). Součástí každé kalibrace je objemová kalibrace, kdy testujeme přesnost měření ventilovaného objemu pomocí pneumotachometru vzhledem k přesně daným objemům kalibrační pumpy, a kalibrace plynová, kdy testujeme přesnost měření čidla pro O_2 a CO_2 vzhledem ke známé koncentraci O_2 a CO_2 v kalibrační směsi. Při každé výměně kalibrační bomby je nutné v softwaru upravit aktuální koncentraci O_2 a CO_2 v nové kalibrační směsi. Vždy je také nutno zhodnotit stabilitu systému, to znamená srovnat hodnoty aktuální kalibrace s kalibracemi předchozími. Originály kalibrace by měly být pro možnost zpětné kontroly zakládány do zvláštní složky v laboratoři, kopie kalibrace může být přiložena k výsledné zprávě z vyšetření.

Z obličejové masky je nasáván vzorek vydechovaného vzduchu do speciální hadičky (Sample Line), která přivádí ochlazený a vysušený vzorek vydechnutého plynu do analyzátoru. Moderní a rychlé analyzátory pracují analýzou „dech po dechu“ (breath-by-breath). Z technického a biologického hlediska se pro analýzu a prezentaci výsledků jeví jako optimální průměrování 10sekundových intervalů (Guazzi, 2012; Guazzi, 2016). Povinnou výbavou každé zátěžové laboratoře je defibrilátor, jehož funkčnost se pravidelně kontroluje. Každý přístroj v laboratoři má svoji servisní knížku, kde se evidují pravidelné servisní prohlídky, poruchy a opravy přístroje. Standardní výbavou každé zátěžové laboratoře je i přístroj pro provedení jednoduché spirometrie. Běžný software pro spiroergometrii nabízí přímo měřené hodnoty – minutovou ventilaci (VE), koncentraci O_2 a CO_2 , srdeční frekvenci (SF) a výkon ve wattech (W). Všechny další hodnoty jsou již parametry odvozené. Většina výrobců nabízí software s 9panelovou grafikou, navrženou K. Wassermanem. Program navrhne lokalizaci ventilačních prahů VT1 a VT2 s možnostmi manuální

korekce, software nabídne také možnost konfigurace vlastní výstupní sestavy.

2.4 Postup před zátěžovým testem

Vyšetřovaný musí být poučen o průběhu a významu testu lékařem, podepisuje informovaný souhlas s výkonem. Dvě až tři hodiny před testem nemá jíst a má pít jen vhodné nápoje. Dvanáct hodin před testem nemá pít alkohol, kávu a kouřit. Po domluvě s ošetřujícím lékařem popřípadě vysadí léky na udanou nutnou dobu. Musí mít vhodnou pevnou obuv a vhodný, volný oděv. Lékař odebere anamnézu a prostuduje dodanou dokumentaci pacienta, provede základní fyzikální a klinické vyšetření, seznámí se s cílem vyšetření a posoudí eventuelní kontraindikace vyšetření. Základní spirometrické vyšetření je doporučeno, pokud indikaci k CPX je dušnost neznámého původu (resp. diferenciální dg. plicní a kardiální dušnosti). Sestra pacienta podrobně poučí o průběhu testu, připraví kůži pro umístění elektrod, upevní EKG elektrody dle zvyklostí, upevní na paži vhodnou manžetu pro měření krevního tlaku a připravení silikonovou masku správné velikosti na obličej. Vždy je bezpodmínečně nutné provést test těsnosti masky. Pacient by měl být před zátěžovým testem alespoň 10 minut v klidu. Bezprostředně před testem lékař zhodnotí klidové 12svodové EKG vleže a vsedě a zkontroluje základní životní funkce (klidovou srdeční frekvenci a krevní tlak). Takto připravený pacient usedne na bicyklový ergometr, sestra nastaví optimální výšku sedla a řídítek a připojí linku s vydechovaným vzduchem k analyzátoru O_2 a CO_2 , který by měl signalizovat klidové hodnoty VO_2 (2,5–4,5 ml.min⁻¹.kg⁻¹). Klidové hodnoty poměru VCO_2/VO_2 (RER) by se měly pohybovat mezi 0,70–0,80. Při hodnotě menší než 0,7 je nutno vyloučit technickou chybu, kdežto hodnoty převyšující 1,0 znamenají již relativní hyperventilaci. Ke stabilizaci klidových hodnot je potom vhodné vyčkat cca 2–3 minuty.

2.5 Sledování během zátěže

Lékař provádí během zátěže klinické sledování pacienta (opocení, cyanóza, bledost, poruchy vědomí), zjišťuje subjektivní vnímání zátěže a subjektivních potíží (Borgova škála I a II) a průběžně je vkládá do programu, sleduje EKG křivku, hodnotí reakci krevního tlaku a srdeční frekvenci, respirační parametry, průběh metabolických pásem, vyčerpání oběhovou, metabolickou a ventilační a další důležité parametry v závis-

losti na cílech vyšetření. Programy umožňují manuální modifikaci naprogramovaného zátěžového protokolu během testu dle aktuální potřeby (funkce „přeskočit“ či „podržet“ zátěž). Během testu se ukládají jednotlivé parametry testu dle příslušného nastavení, o frekvenci ukládání parametrů rozhoduje vyšetřující lékař, moderní přístroje jsou schopny nahrávat průběh celého testu. Během CPX je nutné pečlivě sledovat, zda nedochází k netěsnosti spojení hadiček, k netěsnosti masky nebo vzniku kondenzátu vody v hadičkách.

2.5.1 Důvody ukončení spiroergometrického vyšetření

Ukončení zátěže je velmi důležitý moment většiny vyšetření, protože rozhoduje o bezpečnosti pacienta na straně jedné a o splnění cílů testu na straně druhé. O ukončení zátěže rozhoduje lékař, který se především opírá o dosažené tzv. konečné body testu (end-points).

Z tohoto hlediska můžeme rozlišovat dva typy zátěžových testů.

Prvním typem je maximální zátěžový test, při kterém vyšetřovaný pokračuje až do svého subjektivního maxima, které mu již neumožňuje dále pokračovat v testu (např. pro pocit celkového vyčerpání). Tento typ zátěžového testu však může, respektive musí být ukončen (i předčasně) při objevení se určitých kritérií, která jsou důvodem k ukončení testu (např. abnormální reakce TK).

Důvody pro ukončení CPX:

- celkové vyčerpání (RPE dle Borgovy škály 18–19),
- výrazná dušnost,
- svalová únava dolních končetin,
- silné bolesti dolních končetin,
- stenokardie, ischemie na EKG,
- závažné dysrhythmie,
- hypertenzní reakce při zátěži (> 240/120 mm Hg) nebo pokles systolického TK oproti předchozím hodnotám o > 10 mm Hg nebo zastavení vzestupu systolického TK i přes stálý vzrůst intenzity zátěže,
- poruchy vědomí, ztráta pohybové koordinace nebo jiné neurologické důvody,
- ortopedické důvody,
- technické příčiny,
- špatná spolupráce s vyšetřovaným,
- přání vyšetřovaného ukončit test.

Samotné dosažení hodnoty $RER_{peak} \geq 1,10$ nemá být důvodem k ukončení testu, pokud nejsou přítomny symptomy indikující ukončení testu a pacient je schopen dále pokračovat v testu.

Druhým typem je zátěžový test, který je ukončen po dosažení předem stanovených konečných bodů testu, které splňují cíle vyšetření. Cílem (end-pointem) může být detekce případné koronární ischemie, diferenciální diagnostika námahové dušnosti neobjasněné etiologie nebo jiných symptomů vyprovokovaných námahou. Krátce po akutním infarktu myokardu se provádí jen submaximální test, u kterého end-pointem může být například dosažení úrovně $RER = 1,00$, tj. pásma mírného překročení VT1, které by umožňovalo stanovení optimální zátěže pro včasný aerobní trénink v rámci kardiiovaskulární rehabilitace.

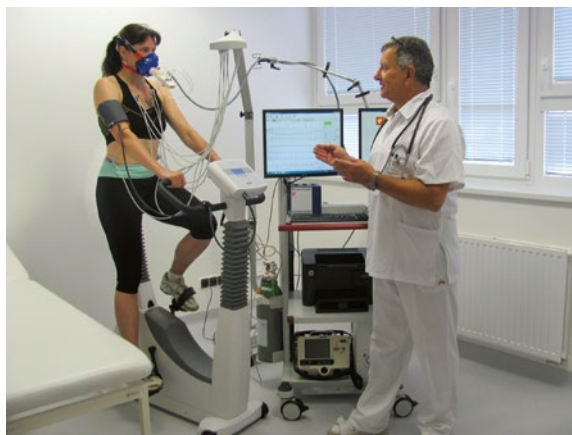
Při ukončení CPX bez ohledu na to, zda šlo o maximální CPX nebo jen předem plánovaný submaximální test, je nutno vždy popsat stav vyšetřovaného v okamžiku ukončení hlavní zátěže. Pokud byl vyšetřovaný bez potíží, stačí uvést „vyšetřovaný neměl potíže“. V opačném případě je žádoucí popsat míru potíží (například s využitím Borgových stupnic) a uvést i další okolnosti vedoucí k předčasnému ukončení testu (například intolerance masky, technické problémy, ukončení testu na přání vyšetřovaného a jiné). Přínosnou informací je, zda by vyšetřovaný mohl subjektivně pokračovat v zátěži (např. únava nebyla velká, ale nesnášenlivost masky byla nepřekonatelná).

2.6 Postup po ukončení zátěže a péče o pacienta po testu

Po ukončení hlavní zátěžové fáze přechází vyšetření do zotavovací (recovery) fáze, trvající dle rizikovitosti testu obvykle 5–10 minut. Recovery fáze probíhá buď v klidu (většinou v poloze, v níž absolvoval zátěž), nebo při nulové zátěži (šlapání na kole bez odporu, volná chůze na běhátku apod.). Pokračuje se v monitorování EKG křivky a měření krevního tlaku standardně v 1., 3. a 5. minutě recovery fáze, protože řada abnormalit a patologických reakcí se objevuje až v zotavovací fázi.

Pokud budeme hodnotit též recovery fázi, potom ponecháme pacientovi masku po ukončení hlavní zátěžové fáze ještě minimálně po dobu 3 minut. Po skončení testu jsme s pacientem v kontaktu nejméně dalších 30 minut, v případě potřeby i déle.

O základních výsledcích zátěžového testu pacienta srozumitelně informujeme. Náležitosti a formát závěrečné zprávy pro odesílajícího lékaře budou probrány v kapitole 6 (Principy hodnocení výsledků spiroergometrického vyšetření).



Obr. 2.1 Spiroergometrické vyšetření na bicyklovém ergometru

Ambulantnímu pacientovi zajistíme či doporučíme adekvátní přepravu domů a hospitalizovaným pacientům zajistíme dle potřeby doprovod na lůžkové oddělení.

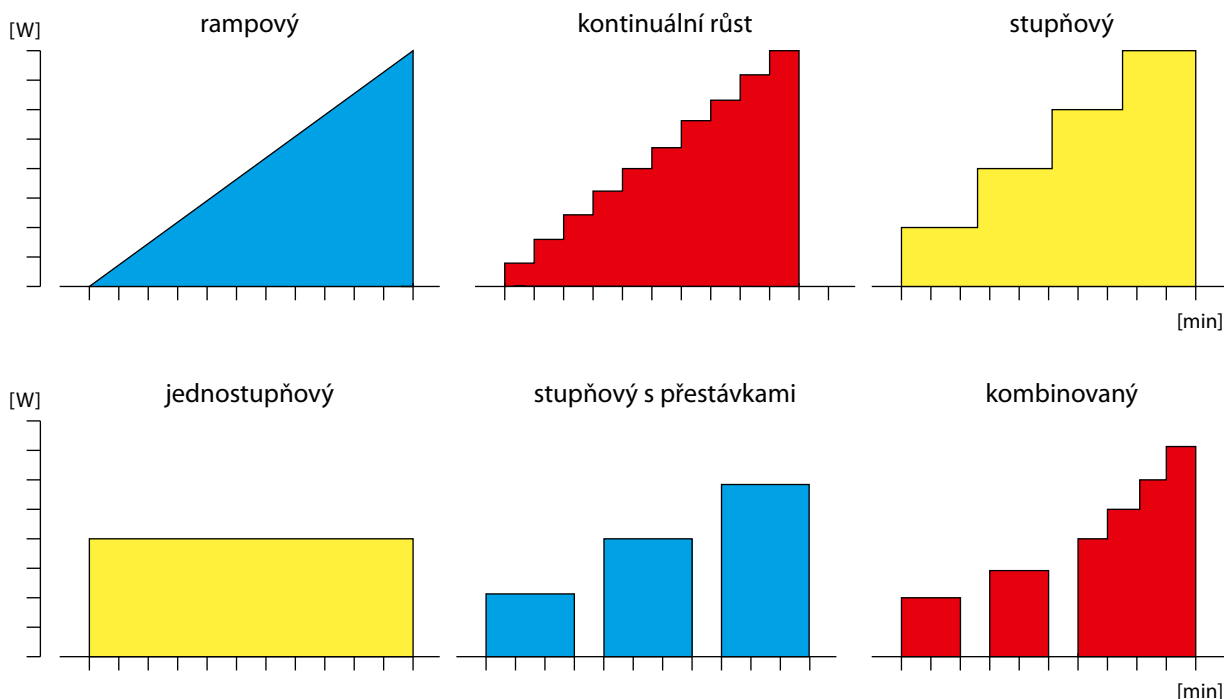
2.7 Zátěžové zdroje a protokoly

Existuje celá řada zátěžových protokolů pro spiroergometrické vyšetření na bicyklovém ergometru (obr. 2.2), dnes je však v České republice nejčastěji používán rampový protokol, který umožňuje současné vyšetření maximálního dosaženého příjmu kyslíku a stanovení obou ventilačních prahů (VT1 a VT2). Výhodou rampového protokolu je lineární závislost příjmu kyslíku (VO_2) na výkonu (W). Pro rampový protokol je charakteristické kontinuální zvyšování zátěže plynule rampovým způsobem. Dle předpokládané fyzické zdatnosti se nastaví úvodní zátěž a strmost vzestupu zátěže $\Delta W/min$ (např. $5 W \cdot min^{-1}$, $10 W \cdot min^{-1}$, $20 W \cdot min^{-1}$ apod.) tak, aby test trval optimálně 8–12 minut.

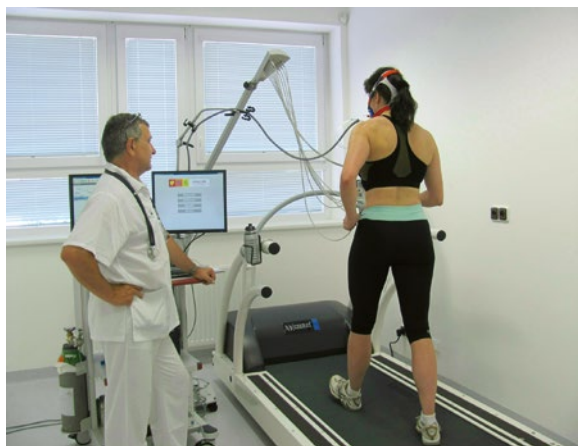
Dalším často používaným zdrojem zátěže je běhátko (treadmill) (obr. 2.3). Je nejčastěji používaným zátěžovým zdrojem v laboratořích v USA a Kanadě. Každý protokol na běhátku je charakterizován:

- počtem zátěžových stupňů,
- trváním každého stupně,
- rychlostí pásu,
- sklonem pásu.

Standardně používané protokoly jsou: Bruce, modifikovaný Bruce, Balke, Naughton, Ellestad, Cooper. Tyto protokoly jsou součástí programů zátěžových jednotek. Kromě těchto již předdefinovaných protokolů umožňují programy vytvořit i individuální zátěžový protokol.



Obr. 2.2 Typy zátěžových protokolů pro bicyklové ergometry



Obr. 2.3 Spiroergometrické vyšetření na běhátku

Běhátka je využíváno k běžné funkční diagnostice u nemocných a také cíleně jako specifický zdroj zátěže u atletů ve sportovní medicíně.

Použití veslařského ergometru a doporučené zátěžové protokoly jsou uvedeny v kapitole 9.1.

Literatura ke kapitole 2

- ASCHERMANN, M., et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. Summary document prepared by the Czech Society of Cardiology. *Cor et Vasa*, 2016, 58, p. e129–e152.
- BALADY, GJ., ARENA, R., SIETSEMA, K., et al. Clinician's Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults. A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation*, 2010, 122, p. 191–225.
- GUAZZI, M., ADAMS, V., CONRAADS, V., et al. EACPR/AHA Scientific Statement. Clinical Recommendations for Cardiopulmonary Exercise Testing Data Assessment in Specific Patient Populations. *Circulation*, 2012, 126(18), p. 2261–2274.
- GUAZZI, M., ADAMS, V., CONRAADS, V., et al. EACPR/AHA Scientific Statement; Clinical Recommendations for Cardiopulmonary Exercise Testing Data Assessment in Specific Patient Populations. *Circulation*, 2016, 133, p. e694–e711.
- KROIDL, RF., SCHWARZ, S., LEHNIGK, B., et al. *Kursbuch Spiroergometrie. Technik und befundung verständlich gemacht*. 3rd ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2014, 526 p.
- PLACHETA, Z., SIEGLOVÁ, J., ŠTEJFA, M., et al. *Zátěžová diagnostika v ambulantní a klinické praxi*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1999, 276 s.

3 Základní parametry sledované při spiroergometrii

Várnay F., Mířková L.

K posouzení reakce organismu na zvyšující se zátěž se při spiroergometrickém vyšetření hodnotí tyto parametry:

1. Ventilačně-respirační parametry:

- a) **Základní:** příjem kyslíku (VO_2), včetně hodnoty přepočtené na kilogram hmotnosti ($\text{VO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$), výdej oxidu uhličitého (VCO_2) a minutová ventilace (VE) složená z dechového objemu (VT) a dechové frekvence (DF).
 - b) **Odvozené:** poměr respirační výměny (RER), ventilační ekvivalent pro kyslík (EQO_2), ventilační ekvivalent pro oxid uhličitý (EQCO_2), parciální tlak kyslíku na konci výdechu (PETO_2), parciální tlak oxidu uhličitého na konci výdechu (PETCO_2), VE versus VCO_2 slope.
2. **Parametry výkonnosti:** výkon (W), výkon přepočtený na kilogram hmotnosti ($\text{W} \cdot \text{kg}^{-1}$).
 3. **Kardiovaskulární parametry:** srdeční frekvence (SF), krevní tlak (TK), tepový kyslík (VO_2/SF). Při speciální indikaci a hlavně dostupnosti přístrojového vybavení lze měřit minutový objem srdeční (CO), tj. součin systolického objemu a srdeční frekvence.
 4. **EKG křivka:** srdeční rytmus a projevy ischemie myokardu.
 5. **Subjektivní vnímání namáhavosti zátěže dle Borgovy škály.**

Většina výše uvedených parametrů se hodnotí:

- v klidu;
- na úrovni obou ventilačních prahů (VT1 a VT2);
- v subjektivním maximu (u nemocných v symptomy limitovaném maximu). Obecně pro zdravé i nemocné lze označovat tyto maximální dosažené hodnoty jako tzv. vrcholové (peak) hodnoty. Tyto hodnoty odrážejí celkovou zdatnost a výkonnost vyšetřovaného;
- v zotavení ($\text{VO}_2\text{recovery}$, HRrecovery).

Software řídící spiroergometrické vyšetření zpracovává měřená data a vydává výsledky jednak v číselné podobě, jednak formou panelu obsahujícího 9 grafů.

Zátěžové fázi spiroergometrického vyšetření **obvykle předchází 2minutová klidová, bezzátěžová fáze.** Někdy se v tomto období použije loadless pedaling (šlapání do pedálu naprázdno – bez zátěže). Při registraci je v tomto úseku zátěž rovna nule.

V této knize je zobrazení křivek upraveno jednotně tak, že **je zobrazena jen poslední klidová hodnota, přiřazená k času 0 sekund.** Zobrazení hodnot v zátěžové a případně i v zotavovací fázi je v 10sekundových intervalech.

Klidový úsek spiroergometrického vyšetření je v některých grafech této knihy zobrazen v případech, kdy byl během klidové fáze důležitý nálezn. V takovém případě jsou na ose x hodnoty času označeny zápornými čísly (–10 s, –20 s, až případně –120 s).

Příkladem je graf dechového vzoru zobrazený na obr. 3.1. V klidové části je signifikantní oscilace ventilace v úseku –110 až –30 sekund, na kterou navazuje druhá oscilace končící ve 40. sekundě již zátěžové fáze, a třetí oscilace VE je od 50. do 150. sekundy. Další oscilace minutové ventilace (VE) již nesplňují kritéria oscilující ventilace při zátěži (EOV). V tomto případě by bez zobrazení klidové fáze uniklo zobrazení dvou ze tří signifikantních oscilací VE.

Při výrazné nepravdivosti záznamu srdeční frekvence, způsobené pohybovými artefakty nebo např. fibrilací síní, **je vhodné provést aproximaci hodnot dle trendové křivky SF** (obr. 3.2). Cílem je, aby nesprávná hodnota SF (způsobená artefakty) byla nahrazena hodnotou odpovídající trendu. Jde zejména o oblast VT1 a VT2. Správnost SF_{peak} před aproximací je vhodné případně ověřit dle EKG záznamu. Do aproximace obvykle nezahrnujeme hodnotu SF v kli-