

STANOVENÍ POHYBOVÉ AKTIVITY NA ZÁKLADĚ VÝSLEDKŮ ZÁTĚŽOVÉHO VYŠETŘENÍ

PHYSICAL ACTIVITY PRESCRIPTION BASED ON STRESS TEST EXAMINATION

M. Štok¹, V. Zeman², J. Novák²

¹Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací, Západočeská univerzita, Plzeň

²Ústav tělovýchovného lékařství, Lékařská fakulta UK, Plzeň

Souhrn

Tréninkový program KARD byl vytvořen pro dlouhodobé sledování tréninkového procesu závodních sportovců, zájemců o rekreační pohybové aktivity i pohybovou činnost nemocných. Doporučený tréninkový program vychází z výsledků, získaných při bicyklové či chodníkové ergometrii. Analýza zátěžového testu kardiopulmonálního systému umožňuje při opakovaném vyšetření diagnostikovat účinnost tréninkového procesu či rehabilitace. Na základě výsledků testování umožňuje program vybrat metody dlouhodobé pohybové aktivity, které optimálně vyhovují danému jednotlivci. Program stanoví druh, intenzitu, trvání a frekvenci tréninkových jednotek. Lékař může program modifikovat zejména s přihlédnutím ke zdravotnímu stavu oslabených jedinců. Pacient pak na základě výsledků zátěžového testu a doporučení lékaře může provádět doporučené aktivity v domácím prostředí bez přímého dohledu lékaře např. pouze s měřením tepové frekvence.

Klíčová slova

počítačový program, stanovení fyzické aktivity, zátěžový test, maximální spotřeba kyslíku, anaerobní práh

Abstract

KARD training program was developed for long-term training for competitive athletes, leisure time activities and also for patients. The training program has been based on results acquired from bicycle or treadmill ergometer. Cardiopulmonary exercise testing analysis allows to diagnose of training or rehabilitation effects. On the basis of testing results the program enables selecting alternatives of long-term physical activity that optimally suits each individual. The program is able to set the type, intensity, duration and frequency of the exercise units. The physician can modify the program which is important for patients especially. On the result of the stress test cardiopulmonary examination and physician recommendation the patient can do physical activity in home, without physician supervision, e.g. only heart rate measuring is used.

Keywords

computer program, physical activity prescription, exercise test, maximal oxygen consumption, anaerobic threshold

Úvod

Zátěžové vyšetření přispívá k diagnostice, léčbě a sekundární prevenci nemocí kardiovaskulárních, bronchopulmonálních, metabolických, pohybového systému zvláště tam, kde pohybová aktivita je řazena k prostředkům léčby těchto chorob. Zátěžová funkční diagnostika pak slouží k upřesnění stadia a závažnosti probíhajícího onemocnění, kontrol vývoje onemocnění a účinnosti léčby. Je základem pro odbornou preskripci vhodné pohybové aktivity jako součásti léčby a optimalizaci pohybového režimu. Nefarmakologická opatření patří neodmyslitelně k opatřením, která mohou zabránit kardiovaskulárním příhodám a úmrtím. Každý rizikový nemocný by měl dostat jednoduché, splnitelné, pravdivé a individualizované doporučení změny životního režimu [1].

Základní cíle změny životního stylu:

1. Obezita - postupné snížení hmotnosti o 7-10 %.
2. Antiaterogenní dieta - snížit příjem tuků, jednoduchých cukrů a soli, zvýšit příjem NEMK (neestifikovaných mastných kyselin) a vlákniny.
3. Fyzická aktivita - denní pohybová aktivita, dvakrát týdně přiměřené posilovací cvičení.

Před zahájením tréninkového programu zahrnujícího náročnější formy pohybové aktivity se komplexní tělovýchovné lékařské vyšetření vyžaduje zejména:

- a) u mužů starších 40 let,
- b) u žen starších 50 let,
- c) u každého, u něž se vyskytují rizikové faktory ICHS či metabolického syndromu,
- d) v případě rizikové rodinné anamnézy.

Toto vyšetření se provádí na bicyklovém nebo chodníkovém ergometru a na základě výsledků je pak stanovena pohybová aktivita, což umožňuje v domácím prostředí – bez přítomnosti lékaře provozovat doporučenou tréninkovou aktivitu s minimálním lékařským přístrojovým vybavením (např. pouze měření tepové frekvence Sporttesterem).

Doporučení pohybové aktivity zahrnují [4]:

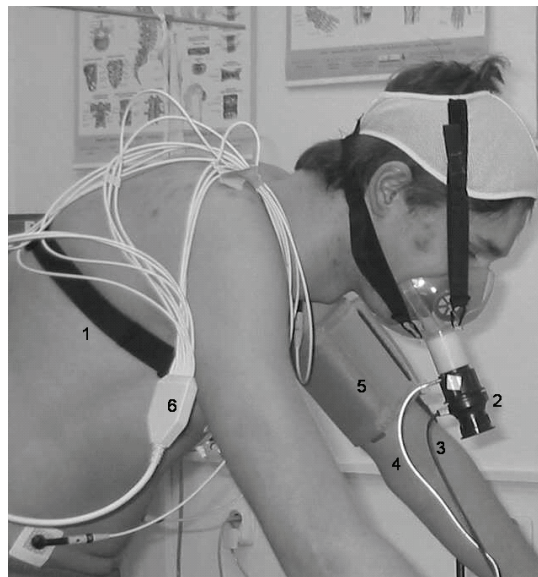
- a) formu pohybové aktivity (chůze, nordic walking, jogging, běh, turistika, cyklistika, běh či chůze na lyžích, plavání, veslování, aerobik aj.,
- b) frekvenci „tréninků“: 3-5x týdně,
- c) trvání tréninků: 20-30 minut,
- d) intenzitu zatížení: dle výsledků zátěžového testu,
- e) posilovací trénink 2-3x týdně na principu „nižší zátěž – více opakování“.

Metody

Pro stanovení vhodné pohybové aktivity v domácí péči bez přímého dohledu lékaře je nejdříve nutné

specializované vyšetření v laboratoři funkční diagnostiky, které se provádí následujícím způsobem:

Protokol podle IBP (International biological program): tři zátěže trvající vždy 3 minuty (stupňovaná intenzita), poté každou půlminutu zvyšující se intenzita až do vyčerpání. Tato vyšetření se provádí na bicyklovém nebo chodníkovém ergometru [8]. Při vyšetření se nastavuje zátěž ve W na bicyklovém ergometru, případně rychlost a sklon na chodníkovém ergometru a snímá se tepová frekvence, měří se ventilace, analyzuje se obsah O_2 a CO_2 ve vydechaném vzduchu, měří se krevní tlak a snímá se EKG. U sportovců se při opakovaném vyšetření někdy snímá pouze tepová frekvence. V případě, kdy se měří tepová frekvence, ventilační parametry a provádí se analýza vydechaného vzduchu, jde o spiroergometrické vyšetření, pokud se měří pouze tepová frekvence, jde o ergometrické vyšetření. Fotografie z průběhu spiroergometrického vyšetření na bicyklovém a ergometrickém vyšetření na chodníkovém ergometru je na Obr. 1 a Obr. 2. Je nutno poznamenat, že všechny měřené parametry (tepová frekvence, ventilace atd.) se měří v tomto případě speciálním zařízením KARDIOSPIROX [9], které je vybaveno senzory pro měření výše uvedených parametrů a naměřené hodnoty se pak přenášejí do osobního počítače, kde jsou zpracovány. Pro tyto účely byl vytvořen program KARD, který umožňuje komunikaci s periferním zařízením KARDIOSPIROX a obsahuje programové moduly pro vyhodnocení vyšetření a také modul TRÉNINK pro stanovení pohybové aktivity. Na Obr. 3 je kopie obrazovky počítače s naměřenými a vypočtenými hodnotami.



Obr. 1: Spiroergometrické vyšetření na bicyklovém ergometru s vyznačením snímacích prvků. 1 – pás se Sporttesterem pro měření tepové frekvence, 2 – turbína pro měření ventilace zapojená ve výdechu, 3 – kabel pro přenos signálu (pulzů) od turbíny, 4 – hadička pro přívod vzorků vydechaného vzduchu k plynovému

analyzátoru, 5 – manžeta pro měření krevního tlaku, 6 – kabel a elektrody pro snímání EKG signálu.



Obr. 2: Ergometrické vyšetření sportovce na chodníkovém ergometru. Na tomto chodníku lze nastavit rychlost pásu až do 25 km/hod a sklon do 20 %.

NAMĚŘENÉ HODNOTY ZÁTĚŽOVÉHO VYŠETŘ															
INT	ČAS	Z(w)	TF	VE(B)	VO2	CO2	TKs	TKd	VTB	LAKT	FVC	PEF	MEF2-7	MEF50	POZ
20	10.0	260	151	66.13	20	5.46	5.05	174	52	5					
21	10.5	300	157	72.23	26	5.64	5.16	174	52	6					
22	11.0	340	163	93.00	32	5.51	5.20	182	50	7	5.8				
23	11.5	380	169	116.35	36	5.13	5.18	182	50	8					
24	12.0	420	174	149.38	48	4.58	4.87	193	53	9					
25	12.5	450	177	175.35	58	4.04	4.39	197	51	10	14.3				

VÝPOČTENÉ HODNOTY															
INT	ČAS	Z(w)	TF	VE(B)	VO2	VO2%	VO2/kg	VO2/l	R	VEO2	VECO2	kJ	METS	TKs	TKd
20	10.0	260	151	66.1	2.894	2.329	41.17	19.17	0.927	22.85	22.58				
21	10.5	300	157	72.2	3.272	3.269	46.54	20.84	0.915	22.08	22.10				
22	11.0	340	163	93.1	4.119	4.245	58.59	25.27	0.944	22.60	21.93				
23	11.5	380	169	116.3	4.794	5.266	68.19	28.36	1.010	24.27	22.01				
24	12.0	420	174	149.4	5.495	6.380	78.16	31.50	1.063	27.19	23.41				
25	12.5	450	177	175.4	5.689	6.751	80.93	32.14	1.087	30.82	25.97				

Obr. 3: Naměřené a vypočtené hodnoty zátěžového vyšetření na bicyklovém ergometru. Kliknutím na jednotlivé ikony v dolní části se přejde na další části programu.

VYBRANÉ NAMĚŘENÉ A VÝPOČTENÉ HODNOTY															
INT	ČAS	Z(w)	TF	VE(B)	VO2	VO2%	VO2/kg	VO2/l	R	VEO2	VECO2	kJ	METS	TKs	TKd
6	3.0	110	112	34.0	1.701	24.20	15.19	0.911	19.99	49	6.9	124	67		
12	6.0	150	125	43.1	2.040	29.02	16.32	0.883	21.14	59	8.3	143	70		
18	9.0	185	137	61.5	2.761	39.27	20.15	0.911	22.27	80	11.2	156	68		
19	9.5	220	147	65.7	2.865	40.76	19.49	0.913	22.93	83	11.6	160	64		
20	10.0	260	151	66.1	2.894	41.17	19.17	0.927	22.85	84	11.8	174	52		
21	10.5	300	157	72.2	3.272	46.54	20.84	0.915	22.08	95	13.3	174	52		
22	11.0	340	163	93.1	4.119	58.59	25.27	0.944	22.60	1.20	16.7	182	50		

Obr. 4: Úvodní okno programu pro stanovení tréninku. V dolní části hodnoty, naměřené při zátěžovém vyšetření, přenesené do programu TRÉNINK.

V okně zátěžových hodnot se klikne na příkaz TRÉNINK a tím se přejde do programu pro stanovení tréninku. Na Obr. 4 je úvodní okno tohoto programu. Z výsledků zátěžového vyšetření se převezme: VO_{2max}/kg (spotřeba kyslíku na 1 kg), TF_{max} (maximální tepová frekvence, která byla při vyšetření dosažena), lékařem vybrané řádky zátěžových hodnot a stresový práh (ANP) s odpovídajícími hodnotami (TF , VO_{2}/kg a VO_{2}/TF - kyslíkového tepu na úrovni ANP). Program pak vypočte odpovídající hodnoty METS (metabolické ekvivalenty) a k tomu přiřazené kJ.

Dále se zvolí, zda jde o zdravou nebo nemocnou osobu. V případě zdravé osoby se objeví otázka na druh pohybové aktivity, ze kterých je nutno vybrat jednu možnost. V případě rekreačních pohybových aktivit se objeví další otázka: „Chcete dále zlepšovat svoji výkonnost?“. U aktivního sportovce pak ještě otázka, zda jde o vytrvalostní nebo ostatní sporty a pro dolní a horní hodnoty METS je pak možno zobrazit tabulku činností, Obr. 5.

VYBRANÉ NAMĚŘENÉ A VÝPOČTENÉ HODNOTY															
INT	ČAS	Z(w)	TF	VE(B)	VO2	VO2%	VO2/kg	VO2/l	R	VEO2	VECO2	kJ	METS	TKs	TKd
20	10	150	163	34.0	1.389	28.77	6.52	0.833	24.47	58	8.2	0	0		
21	10.5	175	169	47.3	1.965	40.68	11.63	0.836	24.08	83	11.6	172	60		

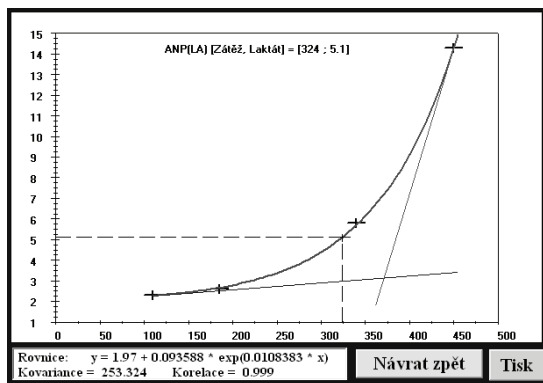
Obr. 5: V případě aktivního sportovce se objeví ještě otázka, zda se zabývá vytrvalostními nebo ostatními sporty. Kromě chůze a běhu program umožňuje aktivovat okénko, kde se objeví další typy aktivit seřazené podle zadané hodnoty METs. V tomto případě jsou to hodnoty METs od 8 do 12.

Z předchozího popisu je vidět, že významnou roli zde hraje stanovení stresového (anaerobního) prahu (ANP). V průběhu zátěžového testu je to časový okamžik, kdy nastane rovnováha mezi tvorbou a odbouráváním laktátu. Při dalším zvýšení zátěže již k rostoucí koncentraci laktátu v krvi [10]. Jde o hranici mezi aerobním a anaerobním krytím energetických nároků organismu. Je to nejvyšší hodnota zátěže, kterou je organismus dlouhodobě schopen snášet a je v rozmezí 60 až 90 % maxima v závislosti na trénovanosti osoby. V programu KONSIL je určení anaerobního prahu řešeno několika způsoby, nejpřesnější však je způsob založený na odběru několika vzorků kapilární krve v průběhu vyšetření a její rozbor speciálním přístrojem (v našem případě analyzátor Accutrend Lactate firmy Roche). Ze zaznamenaných hodnot zátěže a laktátu je pak metodou nejmenších čtverců stanovena exponenciální křivka. Její derivace v počátečním a koncovém bodě pak určuje směrnici 2 přímek v, jejichž průsečíku je

pak bod, ze kterého pak se hledá nejbližší bod na exponenciální křivce. Výsledkem je bod na exponenciální křivce, jehož souřadnice udávají hodnotu zátěže a laktátu ve stresovém prahu, viz Obr. 6. Program pak určí tepovou frekvenci odpovídající zátěži při stresovém prahu.

Exponenciální křivka je dána vztahem (1):

$$y = c_1 + c_2 \exp(c_3 x) \quad (1)$$



Obr. 6: Laktátová křivka a stanovení anaerobního prahu. Křivka byla stanovena ze 4 hodnot [zátěž ve W; hladina laktátu v krvi v mmol/l]: [110; 2.3], [185; 2.6], [340; 5.84], [450; 14.4]

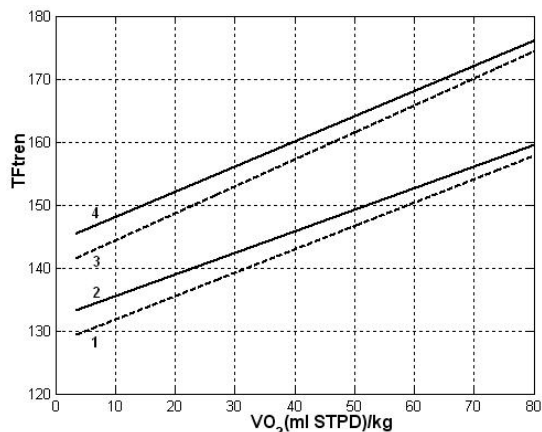
Koeficienty c_1 , c_2 a c_3 ve vztahu (5) se určí metodou nejmenších čtverců. Je nutno upozornit na to, že ke stanovení ANP touto metodou je třeba alespoň 3 až 4 hodnot.

Výsledky

Na základě výsledků zátěžového vyšetření provedeného v laboratoři se dle vztahu (2) vypočte doporučená tréninková hodnota $VO_2 \cdot kg^{-1}_{tren}$ [v % $VO_2max \cdot kg^{-1}$] a dle (3) tréninková tepová frekvence [13]:

$$VO_2 \cdot kg^{-1}_{tren} [\%] = \left[\left(VO_2 \cdot \frac{kg^{-1}_{max}}{350} \right) + 0,6 \right] \cdot 100 [\%] \quad (2)$$

$$TF_{tren} = \left[\left(VO_2 \cdot \frac{kg^{-1}_{tren}}{350} \right) + 0,6 \right] \cdot (TF_{max} - TF_{klid}) + TF_{klid} [pulz/min] \quad (3)$$



Obr. 7: Tréninkové hodnoty tepových frekvencí dle (2x) v závislosti na VO_2/kg pro různé hodnoty TF_{max} a TF_{klid} . Jednotlivé přímkys jsou pro následující hodnoty maximálních a klidových tepových frekvencí:

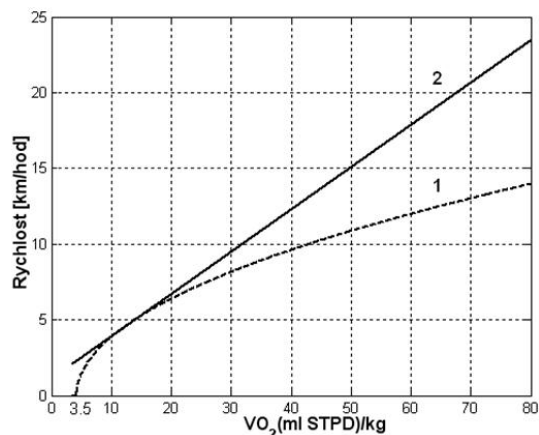
- 1- $TF_{max}=180$, $TF_{klid}=50$, 2- $TF_{max}=180$, $TF_{klid}=60$
3- $TF_{max}=200$, $TF_{klid}=50$, 4- $TF_{max}=200$, $TF_{klid}=60$

Tréninkové hodnoty tepových frekvencí pro různé hodnoty klidových tepových frekvencí a maximálních tepových frekvencí jsou znázorněny na Obr. 7.

Hodnoty dle (1x) a (2x) mohou být korigovány lékařem, který případně upraví automaticky zvolenou tréninkovou zátěž a dosadí $VO_2 \cdot kg^{-1}_{tren}$ do vztahů pro výpočet tréninkové zátěže pro běh, příp. chůzi. Tréninkové hodnoty pro tyto dvě aktivity jsou určeny dle (4) a (5) [13]:

$$V_{beh} = \frac{VO_2 \cdot kg^{-1}_{tren} + 3,91}{3,58} [km/h] \quad (4)$$

$$V_{chuze} = \sqrt{\frac{VO_2 \cdot kg^{-1}_{tren} - 4,2}{0,389}} [km/h] \quad (5)$$



Obr. 8: Průběh rychlosti chůze a běhu v závislosti na tréninkové hodnotě VO_2/kg . 1 – chůze, 2 – běh.

Průběhy tréninkových hodnot chůze a běhu v závislosti na VO_2/kg je na Obr. 8. Pro hodnoty VO_2/kg menší než 10 ml se v programu zobrazuje pouze rychlost chůze, pro rychlost chůze větší než 7 km/hod se zobrazuje pouze rychlost běhu. Zároveň se v okénku objeví další typy aktivit seřazené vzestupně podle METs. Horní a dolní hodnota METs byla zadána lékařem (viz Obr. 5).

Na základě naměřených zátěžových hodnot a doporučení lékaře, na kolik % svého maximálního aerobního výkonu by měla osoba trénovat, program stanoví:

- Tréninkovou hodnotu $VO_2 \cdot kg^{-1}$
- Tréninkovou TF
- Rychlost běhu nebo chůze po rovině
- Nabídne tabulku dalších aktivit

Na Obr. 9 je kopie obrazovky s výsledným doporučením tréninku a tabulkou vhodných aktivit pro zdravou osobu, trénovaného sportovce. Doporučená tréninková tepová frekvence je 157 tep/min. Tyto údaje lze pak vytisknout včetně návodu na protahovací cvičení zkrácených svalových skupin.

V případě, že se **neprovádělo spiroergometrické vyšetření**, ale pouze se při zátěži měřila tepová frekvence, stanoví se tréninková tepová frekvence TF_{tren} dle vztahu (6):

$$TF_{tren} = (TF_{max} - TF_{min}) \cdot 0,6 + TF_{min} \text{ [puls/min]} \quad (6)$$

Stanovení frekvence tréninku u zdravých osob

V případě žádných nebo dosud pouze rekreačních pohybových aktivit program doporučí trénovat alespoň 3krát týdně pokud chce osoba zlepšovat svoji výkonnost. Pokud už trénuje 3krát týdně, tak 4krát týdně atd., ale nejvýše 6krát týdně. V případě, že jde o aktivního sportovce, dá pouze rámcový návod k tréninku, např.: Pro zlepšování vytrvalosti trénovat 2 až 3x týdně na úrovni stresového prahu 15-20 minut, mezi těmito tréninky alespoň 1 den jinou aktivitu. Vše je podrobněji znázorněno v Tab. 1, kde jsou doporučené frekvence tréninku.

Následující text popisuje příklad návrhu tréninku pro zdravého člověka s rekreačními pohybovými aktivitami (nejsou zde uvedeny další možnosti pohybových aktivit z tabulky):

Pro zlepšení Vaší kondice na základě absolvovaného zátěžového testu doporučuji 3x týdně 30 minut jednu z těchto aktivit:

- chůze 6 km/h
- jízda na kole 16 km/h
- běh 8 km/h
- plavání 2 km/h

Denně 10 minut kompenzační cvičení (protahování zkrácených flexorů kolenního kloubu) a posilování břišních svalů (dle návodu).

Vaše tréninková TF by měla být alespoň 150/min.

Tab. 1: Doporučené frekvence tréninku v závislosti na dosavadní aktivitě.

Dosavadní frekvence tréninku	Doporučená frekvence tréninku
Dosud žádná nebo minimální pohybová aktivita (sedavý způsob života) Rekreační pohybová aktivita (1x týdně)	2x týdně 30 min jako prevence civilizačních chorob 3x týdně 30 min, chtěli zlepšit kondici
Rekreační pohybová aktivita (2x týdně) Rekreační pohybová aktivita (3x týdně a častěji)	Chce-li se dále zlepšovat kondici, zvýšit frekvenci tréninku o 1 až 2 týdně a délku tréninku o 20 minut, horní limit pro tréninkovou jednotku stanovit 90 min.
Aktivní sportovec, tam určit stresový práh, aerobní práh, VO_2 max a odvozené parametry. Dát pouze rámcový návod k tréninku, např. pro zlepšování vytrvalosti trénovat 2-3x týdně na úrovni stresového prahu 15-20 minut, mezi těmito tréninky alespoň 1 den jinou trénink. metodu.	Vycházet z jeho současných tréninkových frekvencí. Pro zlepšování vytrvalosti použít obecnou formulaci uvedenou výše (trénink na úrovni stresového prahu). Rozlišit přípravné období a hlavní období

Program je však určen i pro nemocné osoby. Postup stanovení pohybové aktivity je následující:

Nemocné osoby

Lékař musí stanovit VO_{2max} symptomy limitovanou. Program odvodí další parametry:

VO_{2max}/kg , VO_{2max}/TF , MET , TF_{max} - vše symptomy limitované. Dle vztahu (6) pak systém vypočte tréninkovou tepovou frekvenci (místo TF_{max} program dosadí TF_{max} symptomy limitovanou), ke které se přiřadí odpovídající údaj horní hodnoty METs. Kardiaka program dále zařadí do skupiny NYHA dle Tab. 2. U nemocného je v systému zabudována ještě pojistka ve formě ANP. Pokud by doporučená aktivita vyšla nad ANP, systém zareaguje a upozorní lékaře na tuto skutečnost větou:

Opravdu chcete stanovit pohybovou aktivitu u tohoto nemocného nad úroveň ANP?

Dolní hodnota METs pro doporučené pohybové aktivity je programem automaticky stanovena jako horní hodnota METs - 10 %, lékař ji však může upravit. Na Obr. 10 je kopie obrazovky s výsledným doporučením tréninku pro kardiaka.

Tab. 2: Tabulka funkčních skupin rozdělených podle NYHA

Funkční skupiny rozdělené podle NYHA
Skupina 0: více než 9 METs - bez omezení, všechny běžné pohybové aktivity a sporty
Skupina I: 7 až 9 METs - lehké oslabení oběhového systému, bez omezení běžné denní činnosti, opatrnost při výběru pohybových aktivit
Skupina II: 5–7 METs - srdeční onemocnění s mírným omezením tělesné aktivity – v klidu bez potíží, dušnost při vyšší námaze. Možné např.: práce na zahradě, chůze 6 km/hod. apod.
Skupina III: 2–5 METs - srdeční onemocnění vedoucím provázené výraznému omezení tělesné aktivity, v klidu ještě bez potíží, ale již běžná aktivita vyvolává dušnost a únavu
Skupina IV: méně než 2 METs - srdeční onemocnění provázené neschopností jakékoliv pohybové aktivity, již klidová dušnost, potíže se výrazně zhoršují při aktivním pohybu. Pacient není schopen běžné činnosti (pacient upoután na lůžko)

Příklad návrhu pohybové aktivity pro nemocného člověka

Váš zdravotní stav dovoluje zátěž běžného života: práce v domácnosti, chůze, lehčí práce na zahradě (hrabání listí, sekání trávy sekačkou, nikoli však rytí). Pro zlepšení Vaší kondice na základě absolvovaného zátěžového testu doporučuji 3x týdně 30 minut jednu z těchto aktivit:

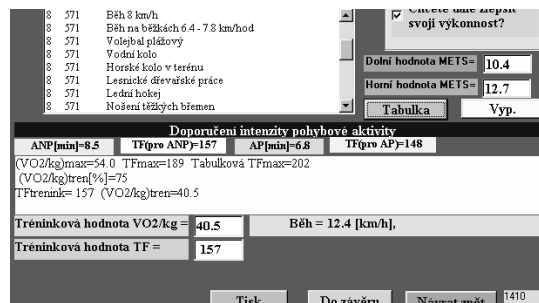
- chůzi po rovině 5 km/h
- jízdu na kole po rovině 12 km/h
- plavání 1.2 km/h

Denně 15 minut kompenzační cvičení (protahování zkrácených flexorů kolenního kloubu, prsních a zádočných svalů) a posilování břišních svalů (dle návodu). Nezadržovat dech!

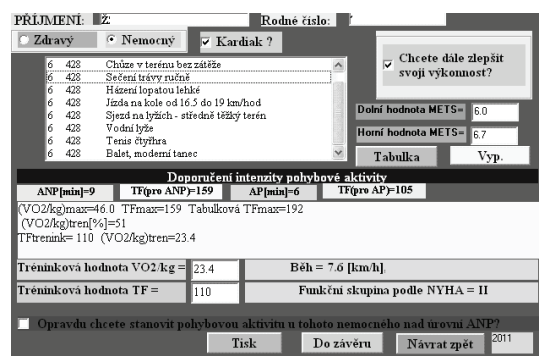
Vaše tréninková TF by měla být 115/min. Svoji aktivitu ihned přerušete při bolestech na hrudi a

dušnosti! I když budete bez potíží, přerušete svoji aktivitu při dosažení TF 140/min.

Při změně Vašeho zdravotního stavu a změně léčby se mohou změnit i doporučení pro pohybovou aktivitu. Konsultujte proto Vašeho lékaře nebo přímo naše pracoviště.



Obr. 9: Kopie okna zobrazující výsledek programu pro stanovení pohybové aktivity pro zdravou osobu, trénovaného sportovce. Doporučená tepová frekvence pro trénink je v tomto případě 157 tep/min.



Obr. 10: Určení tréninkové aktivity pro nemocného, kardiaka.

Diskuze

Vztahy pro stanovení pohybových aktivit, matematické vztahy fyziologických závislostí a tabulky aktivit byly získány dlouhodobými testy skupin vybraných osob (bylo provedeno více než 1500 vyšetření). Na druhé straně, každá vyšetřovaná osoba má své individuální vlastnosti a je proto možné, že za určitých okolností nemusí být tyto vztahy přesné. Proto je vhodný individuální přístup a finální doporučení pohybové aktivity konkrétní osobě se provádí na základě výsledků spiroergometrického vyšetření, popsaného programu a rozhodnutí lékaře.

Závěr

Komplexní tělovýchovně lékařské vyšetření by mělo každému zájemci o aktivní pohybovou aktivitu dát poměrně přesné informace, jakou formu si zvolit, jak

často, jak dlouho a jakou intenzitou pohybovou aktivitu provádět. Zjištěné hodnoty podílu tukové tkáně, krevního tlaku a kardiopulsační kapacity mohou být motivací k jejich zlepšení na optimální úroveň. Při opakovaném vyšetření lze porovnat dosahované parametry navzájem a jednak objektivizovat odezvu na tréninkové zatížení, jednak případně posoudit třeba i negativní trendy, k nimž za uplynulé období došlo. Zátěžové vyšetření na ergometru může případně odhalit rizika, s nimiž se může sportující jedinec setkat, a stanovením určitých limitů předejít někdy i závažným poruchám zdravotního stavu.

Na základě zátěžového vyšetření pak může lékař pomocí popsaného programu předat zdravé i nemocné osobě přehled doporučených pohybových aktivit a návod, jak v domácím prostředí bez přímého dohledu lékaře tyto aktivity kontrolovat, aby nedošlo k překročení stanovených limitů.

Dodatek

způsob výpočtu základních spiroergometrických údajů

VE(BT) -minutová ventilace korigovaná faktorem BTPS

$$VE(BT) = V * BTPS \quad [l.min^{-1}] \quad (D1)$$

VO2/l - spotřeba kyslíku v l.min⁻¹

$$VO2/l = (V * STPD * O2\%) / 100 \quad [l.min^{-1}, \%] \quad (D2)$$

VO2/kg -spotřeba kyslíku na 1 kg hmotnosti v ml.min⁻¹. Tato hodnota patří k nejdůležitějším funkčním ukazatelům zátěžového vyšetření. U nemocných bývá podstatně nižší.

$$VO2/kg = 1000 * (VO2/l) / \text{hmotnost} \quad [ml.min^{-1}.kg^{-1}, l.min^{-1}.kg] \quad (D3)$$

R -respirační kvocient,

$$R = CO2\% / O2\% \quad (D4)$$

VO2/FH -tepový kyslík. Množství O₂ dodaného tkáním jedním tepem ml. tep⁻¹

$$VO2/FH = 1000 * (VO2/l) / FH \quad [ml.tep^{-1}, l.min^{-1}, tep.min^{-1}] \quad (D5)$$

VEO2 -ventilační ekvivalent pro O₂

$$VEO2 = V * BTPS / (VO2/l) \quad [-, l.min^{-1}] \quad (D6)$$

VECO2 -ventilační ekvivalent pro CO₂

$$VECO2 = V * BTPS / (VCO2/l) \quad [-, l.min^{-1}] \quad (D7)$$

kde

$$VCO2/l = (V * STPD * CO2\%) / 100 \quad [l.min^{-1}, \%] \quad (D8)$$

BTPS -korekční faktor, jímž se přepočítává objem na podmínky v těle (Body

temperature, pressure, saturated) a určí se z tabulek podle teploty a tlaku v ordinaci při vyšetření.

STPD -korekční faktor, který umožňuje srovnávat výsledky v různých časech převedením na standardní (standard temperature, pressure, dry), vyhledá se též v tabulkách.

Poděkování

Milan Štork byl při práci na tomto úkolu podporován katedrou aplikované elektroniky a telekomunikací Západočeské univerzity v Plzni a grantovým projektem GAČR č. 102/07/0147.

Literatura

- [1] Ainsworth B. E., Haskell W. L., Leon A. S. et al., Compendium of physical activities of energy costs of human physical activities. *Med. Sci. Sports Exercise*, 25: 71-80, 1993.
- [2] Goldman L. B. H., Cook F., Loscalzo A. Comparative reproducibility and validity of systems assessing cardiovascular functional class: advantages of a new specific activity scale. *Circulation*, 64: 1227-1234. 1981.
- [3] Hoffman N., J. Physiological Aspects of Sport Training and Performance. Human Kinetics, United Kingdom of G.B. and N.I., 2002.
- [4] Janssen P. Lactate Threshold Training. Human Kinetics, United Kingdom of G.B. and N.I., 2001.
- [5] Karvonen M., Kentala, K., Musto O. The effects of training heart rate: a longitudinal study. *Ann. Med. Exp. Biol. Fenn.* 35: 307-315, 1957.
- [6] Pollock M.L., Schmidt DH. Heart disease and rehabilitation. 3rd ed. Champaign, Human Kinetics, 1995.
- [7] Stejskal P., Hejnova J. Prescription of workload intensity in a program of continuous exercise. *Med. Sport. Bohemoslovaca*, 1 (4): 11-16, 1992.
- [8] Stejskal P., Hejnova J. Practical problems of prescription of workload intensity of exercise programme in the field. *Med. Sport. Bohemoslovaca*, 2: 76-81, 1993.
- [9] Štork M., Zeman V., Novak J. Electronic system for exercise testing, evaluating and training prescription. Applied Electronics, Pilsen, University of West Bohemia, 2005.
- [10] Placheta Z., Seigelová J., Štejfá M. A kol.: Zátěžová diagnostika v ambulanci a klinické praxi. Grada, Avicenum, 1999, ISBN 80-7169-271-9.
- [11] Placheta Z., Seigelová J., Svačinová H., Štejfá M., Jančík J., Homolka P., Dobšák P.: Zátěžové vyšetření a pohybová léčba ve vnitřním lékařství. Masarykova univerzita v Brně, 2001. ISBN 80-210-2614-6.
- [12] Chaloupka V., Elbl L. a kol.: Zátěžové metody v kardiologii, Grada, Avicenum, 2003, ISBN 80-247-0327-0.
- [13] Vilikus Z., Brandejský P., Novotný V.: Tělovýchovné lékařství, Univerzita Karlova v Praze, 2004, ISBN 80-246-0821-9.

Milan Štork
e-mail: stork@kae.zcu.cz