



## Původní sdělení | Original research article

## Determinanty tlakové reakce na dynamickou zátěž

(The determinants of blood pressure response to exercise)

Vladimír Tuka, Ján Rosa, Marika Dědinová, Martin Matoulek

III. interní klinika – klinika endokrinologie a metabolismu, 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Všeobecná fakultní nemocnice, Praha, Česká republika

## INFORMACE O ČLÁNKU

## Historie článku:

Došel do redakce: 7. 1. 2015

Připraveno: 13. 3. 2015

Přijato: 14. 3. 2015

Dostupný online: 3. 4. 2015

## Klíčová slova:

Krevní tlak při zátěži

Protokol zátěžového vyšetření

Zátěžové vyšetření

## SOUHRN

**Úvod:** V současné době neexistuje shoda na definici normálního zvýšení krevního tlaku (TK) v průběhu dynamické zátěže, a tudíž ani na definici hypertonické reakce. Cílem předkládané práce bylo kvantifikovat závislost mezi TK a intenzitou dynamické zátěže na bicyklovém ergometru korigované na tělesnou hmotnost pacienta. Druhotným cílem bylo zjistit determinanty této závislosti.

**Metodika:** Předkládáme výsledky naší observační studie s retrospektivní analýzou hodnot TK zjištěných během 313 standardních zátěžových vyšetření na bicykloergometru. Pro účely statistické analýzy byla intenzita zátěže korigována hmotností pacienta.

**Výsledky:** Z krokové lineární regresní analýzy vyplynulo, že systolický TK (STK) na prvním stupni zátěže byl závislý na systolickém TK zjištěném za klidových podmínek ( $p = 0,001$ ), na intenzitě zátěže ( $W/kg$ ) ( $p = 0,001$ ), na BMI ( $p = 0,005$ ) a na věku ( $p = 0,002$ ):  $STK = -25,059 + 0,927 \cdot STK_{klid} + 31,625 \cdot W/kg_1 + 0,840 \cdot BMI + 0,235 \cdot věk$ ; a diastolický TK (DTK) je závislý na diastolickém TK zjištěném za klidových podmínek ( $p = 0,001$ ) a na systolickém TK zjištěném za klidových podmínek ( $p = 0,033$ ):  $DTK = 29,790 + 0,583 \cdot DTK_{klid} + 0,071 \cdot STK_{klid}$ . Na dalších stupních zátěže věk již neovlivňoval STK a klidová hodnota DTK byla hlavní determinantou zátěžové hodnoty DTK.

**Závěr:** Krevní tlak při zátěži závisí na klidových hodnotách TK a na intenzitě zátěže a v menší míře také na BMI a věku. V budoucích studiích zabývajících se tlakovou reakcí na dynamickou zátěž by měla být submaximální intenzita zátěže korigována hmotností pacienta.

© 2015, ČKS. Published by Elsevier Sp. z o.o. All rights reserved.

## ABSTRACT

**Introduction:** There is currently no consensus on the definition of normal BP (blood pressure) increase during exercise and thus of the exaggerated BP response to exercise. The aim of the present study was a description of the relationship between BP and work rate corrected by body weight on cycle ergometer. A secondary objective was to explore the possible components of this relationship.

**Materials and methods:** An observational study with retrospective analysis of the BP data acquired during standard stress tests on cycle ergometer was performed. For the analysis each work rate was expressed corrected to the patient's body weight.

**Results:** We analysed BP data from a total of 313 stress tests. From the linear regression analysis we found that at the first exercise step systolic BP depends primarily on resting BP ( $p = 0.001$ ), on  $W/kg$  ( $p = 0.001$ ), on BMI ( $p = 0.005$ ) and age ( $p = 0.002$ ):  $BP = 25.059 + 0.927 \cdot BP_{rest} + 31.625 \cdot W/kg_1 + 0.840 \cdot BMI + 0.235 \cdot age$  and diastolic BP depends primarily on resting BP ( $p = 0.001$ ), and on resting diastolic BP ( $p = 0.033$ ):  $BP = 29.790 + 0.583 \cdot BP_{rest} + 0.071 \cdot BP_{rest}$ . On subsequent steps age did no more influence systolic BP and resting diastolic BP remained the main determinant of diastolic BP.

**Conclusion:** The main finding of this study is the confirmation that the exercise blood pressure depends principally on resting blood pressure and work rate and to a lesser amount on BMI and age. In future studies work rate should be corrected by body weight at submaximal levels.

## Keywords:

Exercise blood pressure

Exercise stress test

Test protocol

**Adresa:** MUDr. Vladimír Tuka, Ph.D., III. interní klinika – klinika endokrinologie a metabolismu, 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Všeobecná fakultní nemocnice, U Nemocnice 1, 128 08 Praha 2, e-mail: [Vladimir.Tuka@vfn.cz](mailto:Vladimir.Tuka@vfn.cz)

DOI: 10.1016/j.crvasa.2015.03.010

## Úvod

Zvýšený ambulantní krevní tlak (TK) je prediktorem kardiovaskulární morbidity a mortality a je jednou z komponent celkového kardiovaskulárního rizika v tabulkách SCORE [1]. Během dynamické zátěže dochází k fyziologickému vzestupu TK tak, aby bylo zajištěno dostatečné zásobení pracujících svalů okysličenou krví [2]. Míra vzestupu TK je přímo úměrná intenzitě zátěže [3]. V současné době neexistuje shoda, co se týče definice normálního zvýšení TK v průběhu dynamické zátěže, a tudíž ani definice hypertonické reakce [4].

U pacientů s normálním klidovým TK hypertonická reakce predikuje rozvoj budoucí hypertenze [5–7] a budoucí kardiovaskulární příhody [8–10]. Většina studií zkoumajících reakci TK na zátěž byla provedena s použitím běhátka a definovala hypertonickou reakci jako vrcholový TK nebo jako rozdíl mezi klidovým a vrcholovým TK [11].

Na bicykloergometru je intenzita zátěže korigovaná hmotností lineárně závislá na násobcích metabolických ekvivalentů (MET). Avšak jen menšina studií používala MET ke korekci tlakové reakce na dynamickou zátěž a krom jedné byly všechny provedeny na běhátku [5,6,12,13]. Nenašli jsme žádnou studii na bicykloergometru, kde by byla intenzita zátěže korigována hmotností pacienta (na rozdíl od zátěže na běhátku, kde se již z principu provedení vždy s hmotností pacienta počítá). Radvanský a spol. definují abnormální reakci TK na dynamickou zátěž jako zvýšení TK o více než 30 mm Hg na každý vzestup intenzity zátěže o 1,0 W/kg [14].

Cílem předkládané práce bylo kvantifikovat závislost mezi TK při zátěži a intenzitou dynamické zátěže korigované na tělesnou hmotnost pacienta na bicykloergometru. Druhotným cílem bylo hledání determinant této závislosti.

## Materiál a metodika

Provedli jsme observační studii s retrospektivní analýzou hodnot TK zjištěných během standardního zátěžového vyšetření na bicykloergometru. Před každým vyšetřením jsme zaznamenali základní demografická data a užívanou medikaci týkající se každého pacienta. Celkem jsme analyzovali data z 313 zátěžových vyšetření, která byla provedena mezi lednem 2011 a prosincem 2012. V našem souboru bylo celkem 136 pacientů s arteriální hypertenzí, kteří užívali prů-

měrně  $1,8 \pm 0,9$  antihypertenziva. U 43 pacientů byla známa ischemická choroba srdeční, 37 pacientů mělo diabetes mellitus 2. typu, 17 pacientů se léčilo s chronickou obstrukční plicní nemocí. Z celého souboru 164 pacientů užívalo léky ovlivňující krevní tlak, z toho 75 pacientů užívalo beta-blokátory a 7 pacientů verapamil. Základní demografická data pro skupiny pacientů s hypertenzí a bez hypertenze jsou shrnuta v tabulce 1. Indikacím zátěžového vyšetření dominovalo podezření na ischemickou chorobu srdeční u 184 pacientů, u 89 pacientů bylo vyšetření provedeno v rámci preventivních vyšetření, dušnost byla indikací k zátěžovému testu u 27 pacientů, u 7 pacientů bylo vyšetření provedeno v rámci předoperačního vyšetření a s otázkou reakce TK na zátěž přišlo celkem šest pacientů.

Zátěžové vyšetření probíhalo na bicykloergometru (Ergoline e-bike, GE) a jeho průběh se řídil doporučeným postupem České kardiologické společnosti [15]. Byl volen protokol stupňovanou zátěží s jednotlivými stupni o délce tří minut, bez vkládání pauz na odpočinutí, kde intenzita zátěže odpovídala násobkům 25 wattů dle odhadu provádějícího lékaře. Na každém stupni jsme zaznamenali tepovou frekvenci, systolický (STK) a diastolický (DTK) krevní tlak. Dolní indexy značí pořadí stupně zátěže, index 0 je pro data zaznamenaná za klidových podmínek bezprostředně před zahájením zátěže.

Pro účely statistické analýzy byla intenzita zátěže korigována hmotností pacienta, tj. intenzita zátěže byla vydělena hmotností (W/kg).

Krevní tlak měřila vždy stejná zdravotní sestra na začátku třetí minuty každého stupně auskultační metodou s použitím aneroidního sphygmomanometru. Systolický krevní tlak byl odečten při objevení se Korotkovových fenoménů (I. fáze) a DTK při vymizení nebo oslabení ozvu (IV. nebo V. fáze Korotkovových fenoménů). Přednost byla dána úplnému vymizení Korotkovových fenoménů. V případě nejistoty DTK nebyl zaznamenán vůbec. Srdeční frekvence byla odečtena z kontinuálně pořizovaného elektrokardiografického záznamu (GE Cardiosoft V6.51).

Hypertonická reakce na zátěž byla definována jako STK > 200 mm Hg nebo DTK > 100 mm Hg bez ohledu na polohu pacientů [15].

## Statistické zpracování

Spojité proměnné jsou vyjádřeny jako průměr  $\pm$  směrodatná odchylka. Rozdíly mezi skupinami byly testovány ne-

Tabulka 1 – Demografická charakteristika pacientů s ohledem na přítomnost hypertenze

	Bez hypertenze	Hypertonici
N	174	136
Věk (roky)	$52 \pm 13$	$59 \pm 13^*$
Výška (m)	$174 \pm 9$	$173 \pm 9$
Hmotnost (kg)	$81,2 \pm 14,7$	$86,7 \pm 17,4^*$
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	$26,9 \pm 4,0$	$28,9 \pm 4,5^*$
Počet pacientů bez jakékoli medikace	91 (53 %)	14 (10 %)
Počet pacientů užívajících antihypertenziva	36 (21 %)	116 (85 %)
Počet užívaných antihypertenziv	$1,7 \pm 0,8$	$1,8 \pm 0,9$

\* Pro  $p < 0,05$ .

párovým t-testem. Zvláště pro STK a DTK jsme vypočítali Pearsonův korelační koeficient, aby bylo zřejmé, že má použití lineární regresní funkce své opodstatnění. Poté jsme pro každý stupeň zátěže hledali lineární regresní funkci.

Hodnota  $p < 0,05$  byla brána za statisticky významnou. Výpočty byly provedeny v statistickém softwaru SPSS 13.0 (SPSS Inc. Chicago, IL 60606-6412).

## Výsledky

Z celkem 313 zátěžových vyšetření bylo 7 pacientů, kteří nedokončili celý první stupeň zátěže, dalších 88 pacientů ukončilo zátěž během druhého stupně a jenom 13 pacientů začalo stupeň čtvrtý. Důvodem ukončení zátěžového vyšetření byly EKG změny ( $n = 36$ ), hypertonická reakce ( $n = 7$ ) nebo přání pacienta test ukončit ( $n = 17$ ). Všichni ostatní pacienti dosáhli minimálně 85% predikované srdeční frekvence. Data z jednotlivých stupňů zátěže jsou shrnuta v tabulce 2.

Nejprve byly vypočítány Pearsonovy korelační koeficienty, aby bylo možno zvolit vhodné proměnné pro lineární regresní analýzu. Kvůli nízkému počtu pacientů nebyla provedena analýza pro čtvrtý stupeň zátěže. Korelační koeficienty jsou shrnuty v tabulce 3.

### Lineární regresní analýza

Z lineární regresní analýzy vyplývá, že  $STK_1$  je významně ovlivněn  $STK_0$  ( $p = 0,001$ ), dále  $W/kg_1$  ( $p = 0,001$ ), BMI ( $p = 0,005$ ) a věkem ( $p = 0,002$ ):

$$STK_1 = -25,059 + 0,927 * STK_0 + 31,625 * W/kg_1 + 0,840 * BMI + 0,235 * \text{věk}.$$

$STK_2$  je významně ovlivněn  $STK_0$  ( $p = 0,001$ ),  $W/kg_2$  ( $p = 0,001$ ), BMI ( $p = 0,001$ ):

$$STK_2 = -22,432 + 0,883 * STK_0 + 27,501 * W/kg_2 + 1,722 * BMI.$$

$STK_3$  je významně ovlivněn  $STK_0$  ( $p = 0,001$ ),  $W/kg_3$  ( $p = 0,001$ ), BMI ( $p = 0,012$ ).

$$STK_3 = -18,399 + 0,888 * STK_0 + 27,515 * W/kg_3 + 1,462 * BMI.$$

Z lineární regresní analýzy vyplývá, že  $DTK_1$  je významně ovlivněn  $DTK_0$  ( $p = 0,001$ ) a  $STK_0$  ( $p = 0,033$ ):

$$DTK_1 = 29,790 + 0,583 * DTK_0 + 0,071 * STK_0.$$

$DTK_2$  závisí primárně na  $DTK_0$  ( $p = 0,001$ ), dále na BMI ( $p = 0,017$ ) a  $W/kg_2$  ( $p = 0,006$ ):

$$DTK_2 = 27,983 + 0,523 * DTK_0 + 0,510 * BMI + 3,704 * W/kg_2.$$

$DTK_3$  závisí pouze na klidovém  $DTK_0$ :

$$DTK_3 = 40,691 + 0,637 * DTK_0.$$

### Analýza podskupin

Mezi skupinou s pozitivním výsledkem testu ( $n = 32$ ) a negativním výsledkem testu ( $n = 281$ ) nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl u systolického a diastolického tlaku. Pacienti, kteří neužívali antihypertenziva, měli nižší  $STK_0$  než pacienti užívající antihypertenziva ( $120,6 \pm 15,0$  vs.  $128,0 \pm 16,0$ ,  $p < 0,001$ ), jinak nebyl statisticky významný rozdíl v hodnotách TK v jednotlivých stupních zátěže. Nebyl významný rozdíl v  $DTK_{0-3}$ .

Nalezli jsme statisticky významný rozdíl u systolického a diastolického TK u pacientů s hypertonickou reakcí a normální reakcí TK na zátěž. Proto byla lineární regresní analýza zopakována odděleně pro zátěžové testy končící

**Tabulka 2 – Jednotlivé stupně a hemodynamické parametry**

	Klidové podmínky	Stupeň 1	Stupeň 2	Stupeň 3	Stupeň 4
Počet pacientů začínajících na daném stupni zátěže	313	313	306	222	13
Trvání stupně (s)	–	$179 \pm 3$	$160 \pm 41$	$102 \pm 60$	$91 \pm 54$
Intenzita (W)	–	$65,7 \pm 24,4$	$113,7 \pm 36,4$	$161,4 \pm 52,9$	$194,2 \pm 49,1$
Intenzita vztahovaná na hmotnost (W/kg)	–	$0,8 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,5$	$1,9 \pm 0,6$	$2,24 \pm 0,61$
Srdeční frekvence	$73,7 \pm 12,9$	$116,6 \pm 18,8$	$138,9 \pm 21,6$	$150,8 \pm 20,4$	$152,5 \pm 26,9$
STK	$124,5 \pm 15,9$	$151,9 \pm 23,0$	$174,3 \pm 26,4$	$184,4 \pm 28,5$	$188,1 \pm 24,6$
DTK	$77,8 \pm 8,9$	$84,0 \pm 9,4$	$88,5 \pm 9,6$	$90,9 \pm 11,4$	$88,8 \pm 8,5$

\* Pro  $p < 0,05$ .

**Tabulka 3 – Pearsonovy korelační koeficienty mezi systolickým a diastolickým krevním tlakem a proměnnými, které byly následně použity pro krokovou lineární regresní analýzu**

	Věk	Pohlaví	BMI	$STK_0$	$DTK_0$	$W/kg_1$	$W/kg_2$	$W/kg_3$
$STK_1$	0,116*		0,137*	0,639***	0,393***	0,183***		
$STK_2$			0,153*	0,493***	0,353***		0,264***	
$STK_3$		0,265**		0,523***	0,334***			0,403***
$DTK_1$			0,281*	0,421***	0,672***			
$DTK_2$			0,350*	0,379**	0,626***			
$DTK_3$			0,440*	0,453*	0,413*			

\* Pro  $p < 0,05$ ; \*\* pro  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

**Tabulka 4 – Parciální regresní koeficienty pro systolický a diastolický krevní tlak odděleně pro skupinu pacientů s normální a abnormální reakcí TK na dynamickou zátěž**

	Abnormální reakce TK	Počet	Konstanta	STK <sub>0</sub>	W/kg	Klidová srdeční frekvence	Věk	BMI
STK <sub>1</sub>	Ne	256	-11,695	0,827	23,314	0,148	0,202	0,622
	Ano	57	16,596	0,942	36,162			
STK <sub>2</sub>	Ne	193	0,341	0,751	23,706			1,538
	Ano	47	63,093	0,856	16,833			
STK <sub>3</sub>	Ne	67	46,921	0,766	19,023			
	Ano	26	*					
	Abnormální reakce TK	Počet	Konstanta	DTK <sub>0</sub>	W/kg	Klidová srdeční frekvence	Věk	BMI
DTK <sub>1</sub>	Ne	256	23,696	0,602	3,852			0,348
	Ano	57	27,411	0,754				
DTK <sub>2</sub>	Ne	193	51,328	0,460				
	Ano	47	37,063	0,706				
DTK <sub>3</sub>	Ne	67	48,877	0,499				
	Ano	26	50,088	0,371				

\* Lineární regresní analýza nebyla provedena vzhledem k nízkému počtu pacientů.

hypertonickou reakcí a zátěžové testy s normální odpovědí TK. Pacienti s hypertonickou reakcí měli signifikantně vyšší klidový STK<sub>0</sub> ( $132,8 \pm 14,8$  mm Hg vs.  $122,6 \pm 15,5$  mm Hg,  $p < 0,001$ ) a vyšší klidový DTK<sub>0</sub> ( $81,3 \pm 9,1$  mm Hg vs.  $77,0 \pm 8,7$  mm Hg,  $p < 0,001$ ). Nezaznamenali jsme statisticky významný rozdíl mezi intenzitou zátěže vztahenou na hmotnost jednotlivých stupňů testu. Parciální koeficienty lineárních regresních funkcí jsou uvedeny v tabulce 4.

## Diskuse

Naše data ukazují, že krevní tlak v klidu a intenzita zátěže jsou hlavními komponentami krevního tlaku v zátěži. BMI a věk mají jen menší vliv.

Systolický krevní tlak v zátěži závisí v první řadě na TK v klidu, což je konzistentní se zjištěním jiných studií, kde hypertonická reakce byla nesignifikantní po adjustaci na krevní tlak v klidu [8]. Toto zjištění není překvapivím, když se vezme v úvahu fakt, že u pacientů s dlouhotrvající hypertenzí je TK regulován na vyšší hodnotu [16,17]. Když se vezme v úvahu vyšší „set-point“, není překvapivé, že při vzestupu intenzity zátěže o 1,0 W/kg dochází k průměrnému vzestupu TK o 27–31 mm Hg, což je ve shodě s definicí normální reakce TK na zátěž, kterou používá Radvanský a spol. [14].

Na všech stupních zátěže závisel systolický krevní tlak také na BMI. Podíl BMI nebyl malý, tj. v naší populaci bylo průměrné BMI 28,3 pro muže a 27,0 pro ženy, a tudíž BMI přispělo na každý W/kg vzestupem TK o 24 mm Hg u mužů a o 23 mm Hg u žen. Obezita je asociovaná s hypertenzí a každý vzestup hmotnosti o 10 kg je spojen s 2,2krát vyšším rizikem rozvoje hypertenze [18].

Diastolický krevní tlak při zátěži závisel hlavně na jeho klidových hodnotách. Fyziologicky se zvyšující se zátěží diastolický krevní tlak zůstává stejný nebo lehce klesá [19]. Mírný vzestup DTK může být vysvětlen studovanou populací s jen minimem mladých pacientů nebo obtížností spolehlivě změřit diastolický krevní tlak při zátěži [18].

Hypertonická reakce je ukazatelem porušené regulace krevního tlaku v klidu i při zátěži. Jedním z možných vysvětlení je endoteliální dysfunkce, která je často přítomna u pacientů s arteriální hypertenzí [20,21]. Pacienti s hypertonickou reakcí měli vyšší klidový TK a vyšší vzestup TK na W/kg již během prvního stupně zátěže. Je otázkou, kde leží hranice mezi normální a hypertonickou reakcí. Naše data ukazují, že hranicí by mohl být vzestup o 30 mm Hg na každý W/kg.

Předpokládáme, že vzestup TK při submaximálních intenzitách zátěže je lepším parametrem než vrcholový krevní tlak. Krevní tlak stoupá úměrně zvyšující se intenzitě zátěže a absolutní hodnota systolického TK 200–220 mm Hg může být již hypertonickou reakcí TK např. u sedmdesátiletého sedmdesátikilového inaktivního seniora při maximální intenzitě zátěže 105 W (tj. 1,5 W/kg) a stejně tak naprosto normálním vrcholovým tlakem u mladého sedmdesátikilového 25letého cyklisty při maximální intenzitě zátěže 350 W (tj. 5,0 W/kg). Tuto teorii podporuje i práce Mundala a spol., kteří zjistili, že u zdravých mužů středního věku je vzestup TK o více než 48,5 mm Hg při submaximální intenzitě zátěže (100 W) při zátěžovém testu na bicykloergometru nezávisle asociovan s vyšší kardiovaskulární mortalitou a rizikem infarktu myokardu [22]. U normotenzních mužů i žen ve Framingham Heart Study hodnota tlaku při zátěži nad 95. percentilem změřeným během druhého stupně zátěže na běhátku (Bruceův protokol) predikovala riziko rozvoje hypertenze [5].

Na základě těchto deskriptivních dat doporučujeme při studování hypertonické reakce na zátěž při dynamické zátěži na bicykloergometru používat intenzitu zátěže vztahenou na hmotnost pacienta. Navrhujeme protokol s minimálně dvěma stupni (0,5 W/kg a 1,0 W/kg, které odpovídají 2,3 MET a 4,7 MET).

Hlavní limitací předkládané práce je její retrospektivní povaha a nehomogenní populace. Další limitací je, že intenzita zátěže byla adjustována na hmotnost až pro analýzu a TK nebyl měřen při předem daných intenzitách zátěže vztahených na hmotnost. Výsledky tudíž mohou

sloužit pouze ke generování hypotéz. Budou potřeba další studie ke stanovení normálních hodnot TK a klinického významu vzestupu TK na W/kg.

## Závěr

Hlavním zjištěním je potvrzení závislosti TK při zátěži na klidových hodnotách TK a intenzitě zátěže a v menší míře také na BMI a věku. V budoucích studiích zabývajících se tlakovou reakcí na dynamickou zátěž by měla být submaximální intenzita zátěže korigována hmotností pacienta.

## Prohlášení autorů o možném střetu zájmů

Autoři prohlašují, že nemají žádný střet zájmů.

## Financování

Studie byla finančně podpořena výzkumným grantem České kardiologické společnosti.

## Prohlášení autorů o etických aspektech publikace

Náš výzkum byl proveden v souladu s etickými zásadami.

## Informovaný souhlas

Pro tuto retrospektivní studii nebyl požadován informovaný souhlas.

## Literatura

- [1] J. Perk, G. De Backer, H. Gohlke, et al., European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice (version 2012). The Fifth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of nine societies and by invited experts), *European Heart Journal* 33 (2012) 1635–1701.
- [2] K. Wasserman, J.E. Hansen, D.Y. Sue, et al., *Principles of Exercise Testing and Interpretation*. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, 2012.
- [3] D.L. Smith and B. Fernhall, *Advances Cardiovascular Exercise Physiology*. Advanced Exercise Physiology Series. Human Kinetics, United States of America, 2011.
- [4] G. Mancia, R. Fagard, K. Narkiewicz, et al., 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology/ESC, *Journal of Hypertension* 31 (2013) 1281–1357.
- [5] J.P. Singh, M.G. Larson, T.A. Manolio, et al., Blood pressure response during treadmill testing as a risk factor for new-onset hypertension. The Framingham heart study, *Circulation* 99 (1999) 1831–1836.
- [6] N. Miyai, M. Arita, I. Morioka, et al., Exercise BP response in subjects with high-normal BP: exaggerated blood pressure response to exercise and risk of future hypertension in subjects with high-normal blood pressure, *Journal of the American College of Cardiology* 36 (2000) 1626–1631.
- [7] M.C. Sieira, A.O. Ricart, R.S. Estrany, Blood pressure response to exercise testing, *Apunts Medicine de l'Esport* 45 (2010) 191–200.
- [8] J. Filipovsky, P. Ducimetiere, M.E. Safar, Prognostic significance of exercise blood pressure and heart rate in middle-aged men, *Hypertension* 20 (1992) 333–339.
- [9] J.A. Laukkanen, S. Kurl, R. Rauramaa, et al., Systolic blood pressure response to exercise testing is related to the risk of acute myocardial infarction in middle-aged men, *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation* 13 (2006) 421–428.
- [10] R.G. Smith, S.A. Rubin, M.H. Ellestad, Exercise hypertension: an adverse prognosis?, *Journal of the American Society of Hypertension* 3 (2009) 366–373.
- [11] M.P. Gupta, S. Polena, N. Coplan, et al., Prognostic significance of systolic blood pressure increases in men during exercise stress testing, *American Journal of Cardiology* 100 (2007) 1609–1613.
- [12] C.E. Matthews, R.R. Pate, K.L. Jackson, et al., Exaggerated blood pressure response to dynamic exercise and risk of future hypertension, *Journal of Clinical Epidemiology* 51 (1998) 29–35.
- [13] J.O. Zanettini, J. Pisani Zanettini, M.T. Zanettini, et al., Correction of the hypertensive response in the treadmill testing by the work performance improves the prediction of hypertension by ambulatory blood pressure monitoring and incidence of cardiac abnormalities by echocardiography: results of an eight year follow-up study, *International Journal of Cardiology* 141 (2010) 243–249.
- [14] M. Máček, J. Radvanský, et al., *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Galén, Praha, 2011.
- [15] V. Chaloupka, Zátěžové testy v kardiologii – Zátěžová elektrokardiografie, *Cor et Vasa* 42 (2000) K54–K56.
- [16] M. Albaghdadi, Baroreflex control of long-term arterial pressure, *Revista Brasileira de Hipertensão* 14 (2007) 212–225.
- [17] M.W. Brands, Chronic blood pressure control, *Comprehensive Physiology* 2 (2012) 2481–2494.
- [18] N.M. Kaplan, *Kaplan's Clinical Hypertension*. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, 2006.
- [19] V.F. Froelicher, J. Myers, *Exercise and the Heart*. Saunders Elsevier, Philadelphia, 2006.
- [20] N. Tzemos, P.O. Lim, T.M. MacDonald, Exercise blood pressure and endothelial dysfunction in hypertension, *International Journal of Clinical Practice* 63 (2009) 202–206.
- [21] Y. Higashi, M. Yoshizumi, Exercise and endothelial function: role of endothelium-derived nitric oxide and oxidative stress in healthy subjects and hypertensive patients, *Pharmacology & Therapeutics* 102 (2004) 87–96.
- [22] R. Mundal, S.E. Kjeldsen, L. Sandvik, et al., Exercise blood pressure predicts cardiovascular mortality in middle-aged men, *Hypertension* 24 (1994) 56–62.

Z anglického originálu online verze článku přeložil autor.