BENEFITY POHYBOVÝCH AKTIVIT V PRIMÁRNÍ PREVENCI SARKOPENIE

BENEFITS OF PHYSICAL ACTIVITIES IN PRIMARY PREVENTION OF SARCOPENIA

M. Šteffl, M. Petr, E. Kohlíková

Univerzita Karlova Praha, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Katedra fyziologie a biochemie

ABSTRACT

Currently, there is an increased interest in diseases associated with aging because the percentage of the elderly worldwide is increasingly high. Therefore, research aimed at treatment of diseases associated with aging is becoming more and more important. Sarcopenia characterized as a geriatric syndrome with a multifactorial etiology is one of the most discussed topics related to aging. Although the reasons for the emergence of sarcopenia are varied, several studies have suggested that an active lifestyle with sufficient exercise may be considered an effective therapeutic approach in primary sarcopenia prevention.

Keywords: aging; muscle mass loss; resistant training; endurance exercise

SOUHRN

V současné době můžeme sledovat zvýšený zájem o nemoci spojené se stárnutím, protože procento starších lidí v populaci na celém světě stále roste. Výzkum zaměřený na léčbu nemocí spojených se stárnutím se proto stává stále důležitějším. Jedním z nejvíce diskutovaných témat v této souvislosti je sarkopenie, která je charakterizována jako geriatrický syndrom s multifaktoriální etiologií. I když důvody vzniku sarkopenie jsou různé, výsledky některých studií naznačují, že aktivní životní styl s dostatkem pohybu lze považovat za efektivní terapeutický přístup v primární prevenci sarkopenie.

Klíčová slova: stárnutí; úbytek svalové hmoty; odporová cvičení; vytrvalostní cvičení

Úvod

Stárnutí je všeobecně spojováno s postupným poklesem funkceschopnosti celého organismu. Z hlediska mobility člověka je jedním z významných projevů stárnutí ubývání objemu svalové hmoty a s tím spojené snížení výkonnosti především apendikulárních svalů, vedoucí často k úplné imobilitě stárnoucích jedinců. Ve své podstatě se jedná o přirozený proces, který provází stárnutí živého organismu. Nicméně tento proces je ovlivňován a akcelerován řadou faktorů, jejichž působení je závislé na genetické predispozici, životním stylu i na vnějších podmínkách. Široká interindividuální rozdílnost, pozorovaná v souvislosti s úbytkem svalové hmoty, proto vedla k vytvoření klinické jednotky, která slouží jako jednotící celek a na jejíž výzkum se upíná zájem vědců na celém světě. Touto klinickou jednotkou je sarkopenie, kterou Irving Rosenberg (1989) definoval jako věkem podmíněný úbytek svalové hmoty a současný pokles fyzické výkonnosti lidského organismu. Přestože se současnými zna-

lostmi nelze přesně označit hlavní příčinu interindividuálních rozdílů akcelerace sarkopenie, lze považovat za jeden z důležitých faktorů podílejících se na úbytku svalové hmoty nedostatečnou pohybovou aktivitu, která je spolu s genetickými predispozicemi zmiňována v četných studiích (HEDAYATI & DITTMAR, 2010; KIM et al., 2010; MARZETTI, LEES, WOHLGEMUTH, & LEEUWENBURGH, 2009; MUSCARITOLI et al., 2010; SIERVO, STEPHAN, NASTI, & COLANTUONI, 2011). Naproti tomu, jak ukázala řada intervenčních studií, aktivní pohyb může působit jako prostředek preventivní léčby sarkopenie a celé řady dalších onemocnění (BROOKS et al., 2008; CANDOW, CHILIBECK, ABEYSEKARA, & ZELLO, 2011; CORNISH & CHILIBECK, 2009; KOSEK, KIM, PETRELLA, CROSS, & BAMMAN, 2006; PETRELLA, KIM, CROSS, KOSEK, & BAMMAN, 2006; PETRELLA, KIM, TUGGLE, & BAMMAN, 2007). V tomto přehledu budeme diskutovat některé léčebné strategie sledované ve výzkumu primární prevence sarkopenie. Především

se zaměříme na účinek pohybových aktivit na tělesnou kompozici, svalovou sílu a fyzickou výkonnost u seniorů, tak jak byl popsán autory výzkumných studií v posledních letech.

Sarkopenie - stručná charakteristika

Za hlavní charakteristiky sarkopenie je považován úbytek svalové hmoty vzniklý sníženou syntézou svalových bílkovin a zvýšenou degradací bílkovin vedoucí ke změnám myofibril (KOSEK et al., 2006). Hypotéz podporujících různé scénáře vzniku sarkopenie je celá řada. V průběhu stárnutí dochází například ke ztrátě motorických neuronů, v důsledku zvýšené apoptózy především u rychlých svalových vláken, vedoucí k atrofii a následnému snížení funkčnosti fázických svalů (AAGAARD, SUETTA, CASEROTTI, MAGNUS-SON, & KJAER, 2010). Svojí roli zde může sehrát i zvýšená exprese a aktivita ubikvitin-proteazomového proteolytického systému (ALTUN et al., 2010). Mezi další faktory, spoluodpovědné za degradaci bílkovin, patří rovněž tumorový nekrotický faktor α (TNF α), interleukiny -1 a 6 (IL-1, IL-6), interferon γ (IFN- γ), patologicky zvýšená hladina glukokortikoidů a z tumoru odvozený proteolýzu-indukující faktor (PIF), a další metabolicky účinné látky spojované s dlouhodobým zánětem a s výskytem četných chronických nemocí, jejichž hladiny jsou u stárnoucí populace zvýšeny (ABELLAN VAN KAN, 2009; BOUCHARD, DIONNE, & BROCHU, 2009; BUFORD et al., 2010; PADDON-JONES & RASMUSSEN, 2009). Svalová atrofie bývá spojována rovněž s mutacemi mitochondriální DNA, v důsledku zvýšeného oxidativního stresu, způsobujícího mitochondriální dysfunkce (HIONA et al., 2010). Hlavní příčina sarkopenie však dosud nebyla zcela přesvědčivě determinována.

Vzhledem k tomu, že kosterní svalstvo je nezbytnou součástí pohybového aparátu, hrají všechny změny v jeho funkci důležitou roli v lidském životě (BARAZZONI, 2011). Sarkopenie se proto může projevit při provádění běžných denních úkolů, jako je vstávání ze židle, chůze po rovině nebo do schodů a v mnoha dalších (LANG et al., 2010). Průřezové studie uskutečněné v nedávné minulosti naznačují vysokou prevalenci sarkopenie u starší populace (BAUMGARTNER et al., 1998; CASTILLO et al., 2003; DI MONACO, VALLERO, DI MONACO, & TAPPERO, 2011; CHIEN, KUO, & WU, 2010; KIM et al., 2009; SANADA ET AL., 2010; WOO, LEUNG, SHAM, & KWOK, 2009) a především u obyvatel domovů pro seniory a domovů s pečovatelskou službou (BAHAT et al., 2010; BAUER, KAISER, & SIEBER, 2008; HEDAYATI & DITTMAR, 2010; CHIEN, HUANG, & WU, 2008; LANDI et al., 2011; LIN et al., 2004; MITCHELL et al., 2010).

S přihlédnutím k výše zmíněné vysoké prevalenci sarkopenie, rychlé expanzi starší populace a

omezenému množství terapeutických přístupů může tento syndrom v budoucnu být významným zdravotním problémem (BUFORD et al., 2010). Již dnes sarkopenie představuje velkou ekonomickou zátěž pro vlády vyspělých zemí, které hradí zdravotní péči seniorům. Například ve Spojených státech bylo z celkových přímých nákladů na zdravotní péči v souvislosti s léčbou sarkopenie v roce 2000 utraceno 18,5 miliard dolarů a lze předpokládat, že tato částka se bude stále zvyšovat v souvislosti s očekávaným nárůstem populace starší 65 let ze současných devíti procent na 20% do roku 2030 (KOSEK et al., 2006). Protože se počet starších lidí neustále zvyšuje, budou ekonomické náklady na léčbu sarkopenie eskalovat, pokud nebudou realizovány efektivní kampaně zaměřené na snížení výskytu sarkopenie (JANSSEN, SHEPARD, KATZMARZYK, & ROUBENOFF, 2004). Z tohoto důvodu byla založena Evropská pracovní skupina pro sarkopenii (EWGSOP), která má za úkol odpovědět na základní otázky týkající se sarkopenie (CRUZ-JENTOFT et al., 2010).

Benefity pohybových aktivit u seniorů

V současnosti je již celosvětově akceptována teorie o prospěšnosti pohybu v lidském životě. Různé typy pohybových intervencí nacházejí svá uplatnění v preventivní léčbě celé řady onemocnění. Pohybové intervence rozdělujeme podle druhu, intenzity a objemu pohybových aktivit do dvou základních skupin, jsou to odporová cvičení a vytrvalostní cvičení. Oba typy cvičení bezpochyby přinášejí pozitivní účinky na lidský organismus, i když každý má svá specifika. Účinek pohybových aktivit na lidský organismus lze také zvýraznit současným podáváním vhodných potravinových suplementů. V nedávné minulosti bylo realizováno velké množství studií zabývajících se vlivem pohybových intervencí na celou řadu ukazatelů u seniorů, přičemž v některých z těchto studií bylo cvičení sledováno v různých kombinacích spolu s podáváním potravinových suplementů. Bylo shledáno, že odporové cvičení poskytuje celou řadu fyziologických výhod pro svaly (DIFRANCISCO-DONOGHUE, WERNER, & DOURIS, 2007), včetně, ale nikoli výhradně, snížení zánětu (MENG & YU, 2010) a zvýšené mitochondriální funkce (HIONA et al., 2010) navíc intenzivní nervosvalová činnost může oddálit denervaci myofibril související s věkem (DESCHENES, ROBY, EASON, & HARRIS, 2010). Významný nárůst svalové hmoty a síly po krátkodobém odporovém tréninku byl pozorován i u dospělých jedinců, kteří vedou sedavý způsob života, a to i po dosažení 80 let věku (AAGAARD et al., 2010; BUFORD et al., 2010). Rovněž cvičení vytrvalostního charakteru může zlepšit funkci apendikulárního svalstva se současným zvětšením průřezu svalových vláken, a to i u velmi starých lidí (WITHAM, SUMUKADAS, & MCMURDO, 2008). Navíc se při vytrvalostním

cvičení prokazatelně zvyšuje mitochondriální biogeneze a celková spotřeba kyslíku (BARAZZONI, 2011). Vytvrlostní cvičení je také spojováno s lepší inzulinovou senzitivitou (PEDERSEN, 2006).

Pohyb v prevenci sarkopenie

Jelikož je sarkopenie stav způsobený mnoha příčinami a mechanismy, které navíc mohou měnit svůj relativní příspěvek k vývoji sarkopenie v průběhu času, může být vytvoření účinné léčebné strategie velkým problémem (CRUZ-JENTOFT et al., 2010). Výzkumy naznačují, že pohybová aktivita a především odporové cvičení může být jednou z nejjednodušších, nejschůdnějších a cenově nej dostupnějších strategií v boji proti úbytku svalové hmoty (CANDOW et al., 2011; KOSEK et al., 2006; PETRELLA et al., 2006; PETRELLA et al., 2007; SUETTA et al., 2009) obzvláště je-li cvičení doplněno vhodnou nutriční strategií (BROOKS et al., 2008; CORNISH & CHILIBECK, 2009; TARNOPOLSKY & SAFDAR, 2008; VERDIJK et al., 2009). Nicméně většina studií, zkoumající vliv pohybových programů na seniory, byla uskutečněna s relativně zdravými jedinci a jen velmi málo studií bylo realizováno s pacienty s diagnostikovanou sarkopenií a se seniory staršími 80-ti let, u nichž je výskyt sarkopenie nejvyšší (WATERS, BAUMGARTNER, GARRY, & VELLAS, 2010). Proto si lze položit důležitou otázku, zda mohou být výsledky těchto studií extrapolovány na pacienty reálně postižené sarkopenií a na jedince sarkopenií bezprostředně ohrožené (LANDI et al., 2011).

Zatímco význam pohybové aktivity v prevenci sarkopenie není zcela přesvědčivě dokázán, pohybová inaktivita jako mohutný stimul k rozvoji sarkopenie je považována za prokázanou (BLOOMFIELD, 1997; BROOKS et al., 2008). K rozvoji sarkopenie totiž velmi často dochází u seniorů hospitalizovaných po úrazech v léčebnách dlouhodobě nemocných, kde jsou pacienti upoutáni na lůžko a odkázáni na pomoc dalších osob a právě v těchto zařízeních je prevalence sarkopenie vysoká, avšak možnosti její léčby pohybem značně omezené.

Závěr

S nárůstem procenta starší populace je řešení otázek týkajících se nemocí spojených se stárnutím v dnešní době mnohem aktuálnější než v minulosti. Nicméně přes zvýšený zájem vědeckých pracovníků o témata týkající se života seniorů a s tím spojený nárůst výzkumných studií, zůstává stále celá řada otázek nezodpovězených. Například intenzita a objem tělesných cvičení, jako preventivního prostředku v léčbě sarkopenie, nebyly dosud zcela vyčerpávajícím způsobem definovány.

Do budoucna je proto nutné se zamyslet především nad realizací takových studií, jejichž design by více odpovídal možnostem jedinců ohrožených sarkopenií, tedy seniorů starších osm-

desáti let anebo těch, jejichž zdravotní stav a především mobilita jsou zhoršeny v důsledku úrazů či chirurgických zákroků, jako jsou pacienti hospitalizovaní na pooperačních a poúrazových jednotkách a senioři žijící v domovech pro seniory a v domovech s pečovatelskou službou.

Literatura

- Aagaard, P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson, S., P. & Kjaer, M. (2010). Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scand J Med Sci Sports*, 20 (1), 49-64.
- Abellan van Kan, G. (2009). Epidemiology and consequences of sarcopenia. *J Nutr Health Aging*, 13 (8), 708-712.
- Altun, M., Besche, H., C., Overkleeft, H., S., Piccirillo, R., Edelmann, M., J., Kessler, B., M., Ulfhake, B. (2010). Muscle wasting in aged, sarcopenic rats is associated with enhanced activity of the ubiquitin proteasome pathway. *J Biol Chem*, 285 (51), 39597-39608.
- Bahat, G., Saka, B., Tufan, F., Akin, S., Sivrikaya, S., Yucel, N., Karan, M., A. (2010). Prevalence of sarcopenia and its association with functional and nutritional status among male residents in a nursing home in Turkey. *Aging Male*, 13 (3), 211-214.
- Barazzoni, R. (2011). Clinical Nutrition University: Muscle physiology and bioenergetics. *e-SPEN, the European e-Journal of Clinical Nutrition and Metabolism*, 6 (3), e158-e164.
- Bauer, J., M., Kaiser, M., J. & Sieber, C., C. (2008). Sarcopenia in nursing home residents. *J Am Med Dir Assoc*, 9 (8), 545-551.
- Baumgartner, R., N., Koehler, K., M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S., B., Ross, R., R., Lindeman, R., D. (1998). Epidemiology of Sarcopenia among the Elderly in New Mexico. *American Journal of Epidemiology*, 147 (8), 755-763.
- Bloomfield, S., A. (1997). Changes in musculoskeletal structure and function with prolonged bed rest. [Review]. *Med Sci Sports Exerc*, 29 (2), 197-206.
- Bouchard, D., R., Dionne, I., J. & Brochu, M. (2009). Sarcopenic/ obesity and physical capacity in older men and women: data from the Nutrition as a Determinant of Successful Aging (NuAge)-the Quebec longitudinal Study. *Obesity (Silver Spring)*, 17 (11), 2082-2088.
- Brooks, N., Cloutier, G., J., Cadena, S., M., Layne, J., E., Nelsen, C., A., Freed, A., M., Castaneda-Sceppa, C. (2008). Resistance training and timed essential amino acids protect against the loss of muscle mass and strength during 28 days of bed rest and energy deficit. *Journal of Applied Physiology*, 105 (1), 241-248.
- Buford, T., W., Anton, S., D., Judge, A., R., Marzetti, E., Wohlgemuth, S., E., Carter, C., S., Manini, T., M. (2010). Models of accelerated

- sarcopenia: critical pieces for solving the puzzle of age-related muscle atrophy. *Ageing Res Rev*, 9 (4), 369-383.
- Candow, D., G., Chilibeck, P., D., Abeysekara, S. & Zello, G., A. (2011). Short-term heavy resistance training eliminates age-related deficits in muscle mass and strength in healthy older males. *J Strength Cond Res*, 25 (2), 326-333.
- Castillo, E., M., Goodman-Gruen, D., Kritzer-Silverstein, D., Morton, D. J., Wingard, D., L. & Barrett-Connor, E. (2003). Sarcopenia in elderly men and women: The Rancho Bernardo study. *American Journal of Preventive Medicine*, 25 (3), 226-231.
- Cornish, S., M., & Chilibeck, P., D. (2009). Alpha-linolenic acid supplementation and resistance training in older adults. *Appl Physiol Nutr Metab*, 34 (1), 49-59.
- Cruz-Jentoft, A., J., Baeyens, J., P., Bauer, J., M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., . . . Zamboni, M. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*, 39 (4), 412-423.
- Deschenes, M., R., Roby, M., A., Eason, M., K. & Harris, M., B. (2010). Remodeling of the neuromuscular junction precedes sarcopenia related alterations in myofibers. *Exp Gerontol*, 45 (5), 389-393.
- Di Monaco, M., Vallero, F., Di Monaco, R. & Tappero, R. (2011). Prevalence of sarcopenia and its association with osteoporosis in 313 older women following a hip fracture. *Arch Gerontol Geriatr*, 52 (1), 71-74.
- DiFrancisco-Donoghue, J., Werner, W. & Douris, P., C. (2007). Comparison of once - weekly and twice-weekly strength training in older adults. *Br J Sports Med*, 41 (1), 19-22.
- Hedayati, K., K. & Dittmar, M. (2010). Prevalence of sarcopenia among older community-dwelling people with normal health and nutritional state. *Ecol Food Nutr*, 49 (2), 110-128.
- Hiona, A., Sanz, A., Kujoth, G., C., Pamplona, R., Seo, A., Y., Hofer, T., Leeuwenburgh, C. (2010). Mitochondrial DNA mutations induce mitochondrial dysfunction, apoptosis and sarcopenia in skeletal muscle of mitochondrial DNA mutator mice. *PLoS One*, 5 (7), e11468.
- Chien, M., Y., Huang, T., Y. & Wu, Y., T. (2008). Prevalence of sarcopenia estimated using a bio-electrical impedance analysis prediction equation in community-dwelling elderly people in Taiwan. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56 (9), 1710-1715.
- Chien, M., Y., Kuo, H., K. & Wu, Y., T. (2010). Sarcopenia, Cardiopulmonary Fitness, and Physical Disability in Community-Dwelling Elderly People. *Physical Therapy*, 90 (9), 1277-1287.
- Janssen, I., Shepard, D., S., Katzmarzyk, P., T. & Roubenoff, R. (2004). The healthcare costs of sarcopenia in the United States. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52 (1), 80-85.
- Kim, T., N., Park, M., S., Yang, S., J., Yoo, H., J., Kang, H., J., Song, W., Choi, K., M. (2010). Prevalence and determinant factors of sarcopenia in patients with type 2 diabetes: the Korean Sarcopenic Obesity Study (KSOS). *Diabetes Care*, 33 (7), 1497-1499.
- Kim, T., N., Yang, S., J., Yoo, H., J., Lim, K., I., Kang, H., J., Song, W., Choi, K. M. (2009). Prevalence of sarcopenia and sarcopenic obesity in Korean adults: the Korean sarcopenic obesity study. *Int J Obes (Lond)*, 33 (8), 885-892.
- Kosek, D., J., Kim, J., S., Petrella, J., K., Cross, J., M., & Bamman, M. M. (2006). Efficacy of 3 days/wk resistance training on myofiber hypertrophy and myogenic mechanisms in young vs. older adults. *J Appl Physiol*, 101 (2), 531-544.
- Landi, F., Liperoti, R., Fusco, D., Mastropaolo, S., Quattrociocchi, D., Proia, A., Onder, G. (2011). Prevalence and Risk Factors of Sarcopenia Among Nursing Home Older Residents. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*.
- Lang, T., Streeper, T., Cawthon, P., Baldwin, K., Taaffe, D., R., & Harris, T., B. (2010). Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment. *Osteoporos Int*, 21 (4), 543-559.
- Lin, M., R., Hwang, H., F., Hu, M., H., Wu, H., D., Wang, Y., W. & Huang, F., C. (2004). Psychometric comparisons of the timed up and go, one-leg stand, functional reach, and Tinetti balance measures in community-dwelling older people. *J Am Geriatr Soc*, 52 (8), 1343-1348.
- Marzetti, E., Lees, H., A., Wohlgemuth, S., E. & Leeuwenburgh, C. (2009). Sarcopenia of aging: underlying cellular mechanisms and protection by calorie restriction. *Biofactors*, 35 (1), 28-35.
- Meng, S., J. & Yu, L., J. (2010). Oxidative stress, molecular inflammation and sarcopenia. *Int J Mol Sci*, 11 (4), 1509-1526.
- Mitchell, S. J., Kirkpatrick, C., M., Le Couteur, D. G., Naganathan, V., Sambrook, P., N., Seibel, M., J., Hilmer, S., N. (2010). Estimation of lean body weight in older community-dwelling men. *Br J Clin Pharmacol*, 69 (2), 118-127.
- Muscaritoli, M., Anker, S., D., Argiles, J., Aversa, Z., Bauer, J., M., Biolo, G., Sieber, C., C. (2010). Consensus definition of sarcopenia, cachexia and pre-cachexia: joint document elaborated by Special Interest Groups (SIG) "cachexia-anorexia in chronic wasting diseases" and "nutrition in geriatrics". *Clin Nutr*, 29 (2), 154-159.
- Paddon-Jones, D. & Rasmussen, B., B. (2009). Dietary protein recommendations and the prevention of sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 12 (1), 86-90.
- Pedersen, B., K. (2006). The anti-inflammatory effect of exercise: its role in diabetes and cardio-

vascular disease control. *Essays Biochem*, 42, 105-117.

Petrella, J., K., Kim, J., S., Cross, J., M., Kosek, D. J. & Bamman, M. M. (2006). Efficacy of Myonuclear Addition May Explain Differential Myofiber Growth Among Resistance - trained Young and Older Men And Women. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 291(5), E937-E946.

Petrella, J., K., Kim, J., S., Tuggle, S., C. & Bamman, M., M. (2007). Contributions of Force and Velocity to Improved Power with Progressive Resistance Training in Young and Older Adults. *European Journal of Applied Physiology*, 99(4), 343-351.

Rosenberg, I. (1989). Summary Comments: Epidemiological and Methodological Problems in Determining Nutritional Status of Older Persons. *American Journal of Clinical Nutrition*, 50, 1231-1233.

Sanada, K., Miyachi, M., Tanimoto, M., Yamamoto, K., Murakami, H., Okumura, S., Higuchi, M. (2010). A cross-sectional study of sarcopenia in Japanese men and women: reference values and association with cardiovascular risk factors. *Eur J Appl Physiol*, 110 (1), 57-65.

Siervo, M., Stephan, B., C., M., Nasti, G. & Colantuoni, A. (2011). Ageing, adiposity indexes and low muscle mass in a clinical sample of overweight and obese women. *Obesity Research & Clinical Practice* (0).

Suetta, C., Hvid, L., G., Justesen, L., Christensen, U., Neergaard, K., Simonsen, L., Aagaard, P. (2009). Effects of aging on human skeletal muscle after immobilization and retraining. *J Appl Physiol*, 107 (4), 1172-1180.

Tarnopolsky, M., A. & Safdar, A. (2008). The potential benefits of creatine and conjugated linoleic acid as adjuncts to resistance training in older adults. *Appl Physiol Nutr Metab*, 33 (1), 213-227.

Verdijk, L., B., Jonkers, R., A., Gleeson, B., G., Beelen, M., Meijer, K., Savelberg, H., H., van Loon, L., J. (2009). Protein supplementation before and after exercise does not further augment skeletal muscle hypertrophy after resistance training in elderly men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89 (2), 608-616.

Waters, D., L., Baumgartner, R., N., Garry, P., J. & Vellas, B. (2010). Advantages of dietary, exercise-related, and therapeutic interventions to prevent and treat sarcopenia in adult patients: an update. *Clin Interv Aging*, 5, 259-270.

Witham, M., D., Sumukadas, D., & McMurdo, M. E. (2008). ACE inhibitors for sarcopenia--as good as exercise training? *Age Ageing*, 37 (4), 363-365.

Woo, J., Leung, J., Sham, A., & Kwok, T. (2009). Defining sarcopenia in terms of risk of physical limitations: a 5-year follow-up study of 3, 153 chinese men and women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 57 (12), 2224-2231.

Mgr. Michal Štefl

Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy

José Martího 31

162 52 Praha 6 – Veleslavín

Katedra fyziologie a biochemie

tel. 220 17 2072

steffl@ftvs.cuni.cz

Tato studie byla podpořena VZ MSM 0021620864 - Aktivní životní styl v biosociálním kontextu v rámci dílčího úkolu Vliv úrovně fyzické aktivity u vybraných rizikových faktorů metabolického syndromu a rovněž projektem Specifický vysokoškolský výzkum SVV 2012-265 603.