

Univerzita Karlova
Fakulta tělesné výchovy a sportu

Sarkopenie

Habilitační práce
Soubor vědeckých prací

Praha 2017

Mgr. Michal Štefl, Ph.D.

Prohlašuji, že předložený komentář k souboru vědeckých prací jsem vypracoval samostatně pouze s použitím literatury. Žádná data nejsou kopírována ani jinak zneužita.

V Praze dne

.....
Mgr. Michal Štefl, Ph.D.

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval především své školitelce z dob doktorského studia Doc. MUDr. Evě Kohlíkové, CSc., jejíž cenné rady a doporučení formují mou akademickou dráhu od úplného začátku. Mé díky rovněž patří Doc. MUDr. Ivě Holmerové, Ph.D., se kterou již léta spolupracuji na celé řadě výzkumných aktivit, dále Doc. PhDr. Miroslavu Petrovi, Ph.D., který mě zasvětil do mnoha tajů souvisejících s vědeckou a publikační činností a za jeho dlouholetou podporu. Rád bych rovněž poděkoval i ostatním členům Katedry fyziologie a biochemie a všem svým učitelům a přátelům, kteří mě v průběhu mé akademické činnosti podporovali a nadále podporují.

Svoluji k zapůjčení své habilitační práce ke studijním účelům. Prosím, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatelů, kteří musejí pramen převzaté literatury řádně ocitovat.

Jméno a příjmení: *Číslo OP:* *Datum vypůjčení:* *Poznámka:*

OBSAH

Abstrakt	7
Abstract	8
1 Komentář k souboru vědeckých prací.....	9
1.1 Úvodem několik vět o sarkopenii.....	9
1.2 Mechanismy vzniku sarkopenie	13
1.3 Behaviorální vlivy	14
1.4 Diagnostika sarkopenie.....	15
1.5 Prevence a možnosti léčby sarkopenie	17
1.6 Sarkopenická obezita u dětí.....	19
2 Výzkumné zaměření a charakteristika publikací zahrnutých do souboru.....	20
3 Soubor vědeckých prací.....	22
3.1 Sarcopenia – brief characteristics, etiology and possible therapy.....	22
3.2 Relation between cigarette smoking and sarcopenia: meta-analysis.....	22
3.3 Alcohol consumption as a risk factor for sarcopenia - a meta-analysis	22
3.4 Relationship between sarcopenia and physical activity in older people: a systematic review and meta-analysis.....	22
3.5 Možnosti diagnostiky a prevence sarkopenie.....	22
3.6 Selected problems with diagnostics of sarcopenia in long-term-care facilities for the elderly	22
3.7 Appropriateness of five measures proposed by EWGSOP for diagnosing sarcopenia in clinical practice among the elderly living at the senior centre in Blansko, Czech Republic - a case study.....	22
3.8 Association between clinical measures of sarcopenia in a sample of community dwelling women	22
3.9 Assessment of diagnostics tools for sarcopenia severity using the item response theory (IRT).....	22

3.10 Hip extension strength: Description and validity of a new procedure applied to older women	22
3.11 The prone bridge test: Performance, validity, and reliability among older and younger adults.....	22
3.12 Benefity pohybových aktivit v primární prevenci sarkopenie.....	22
3.13 The role of amino acid supplementation in sarcopenia treatment	22
3.14 The increase in health care costs associated with muscle weakness in older people without long-term illnesses in the Czech Republic	22
3.15 Using relative handgrip strength to identify children at risk of sarcopenic obesity ..	22
Literatura	23

ABSTRAKT

V souvislosti se stárnutím lidské populace se dostává do popředí vědeckého zájmu léčba a prevence nemocí či syndromů spojených s tímto naprosto přirozeným fenoménem. Sarkopenie jako onemocnění postihující pohybový aparát je jedním z těchto syndromů. V rámci kinantropologie, která je svým obsahem multidisciplinárním oborem zabývající se pohybem člověka z mnoha různých pohledů, můžeme bezesporu k řešení problematiky sarkopenie účinně přispět. Tato habilitační práce realizovaná jako komentovaný soubor vědeckých prací přináší celou řadu pohledů na mechanismy vzniku sarkopenie, behaviorální faktory ovlivňující její vývoj, možnosti diagnostiky především v klinické praxi, možnosti pohybových aktivit jako prevenci sarkopenie i návrhy na její léčbu. V závěrečné části je navíc diskutován zcela nový pohled na sarkopenii jako syndrom, který může být diagnostikován v různých etapách lidského života včetně raného dětství.

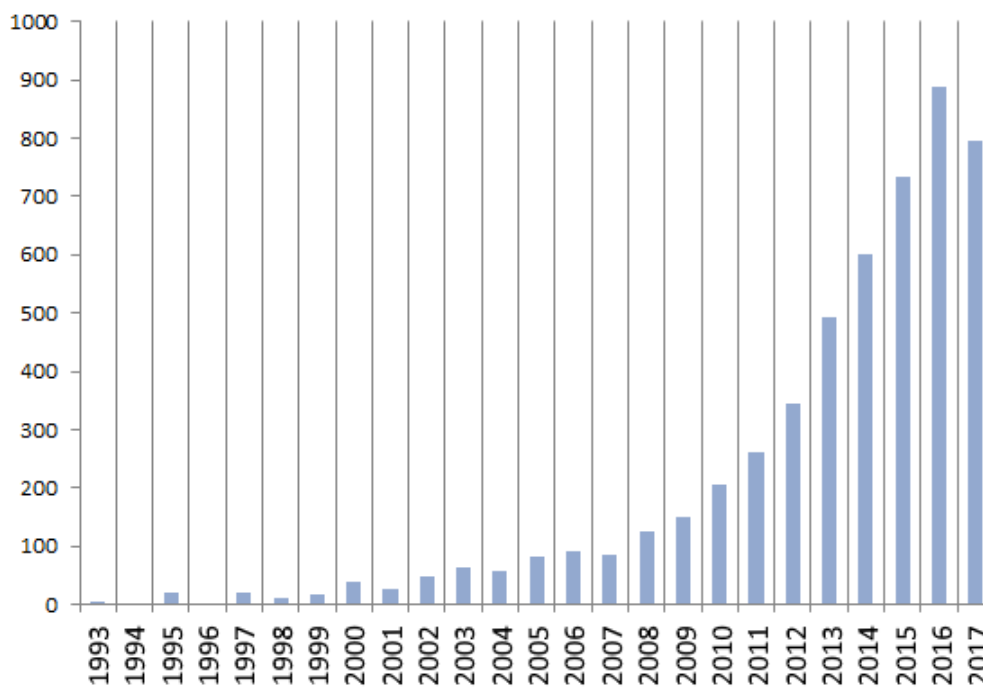
ABSTRACT

In connection with the aging of the human population, the treatment and prevention of diseases or syndromes associated with aging have become one of the prime topics for the scientific community. Sarcopenia is a condition that affects the locomotor system. In the context of kinanthropology, which is a multidisciplinary science that explores human movement from many different perspectives, we can undoubtedly contribute to tackling the problem of sarcopenia. This habilitation thesis, which is realized as an annotated set of scientific papers, brings a wide range of views on the development of sarcopenia; its contributing behavioral factors; the possibilities of sarcopenia diagnostics, especially in clinical practice; proposals for sarcopenia treatment; and the possible role of physical activities in the prevention of sarcopenia. Finally, there is a discussion of a completely new view of sarcopenia as a syndrome that can be diagnosed in different stages of human life, including early childhood.

1 KOMENTÁŘ K SOUBORU VĚDECKÝCH PRACÍ

1.1 Úvodem několik vět o sarkopenii

Sarkopenie byla poprvé definována Rosenbergem až v roce 1989 jako úbytek tělesné síly a svalové hmoty v souvislosti se stárnutím (Rosenberg, 1989), její název vznikl spojením dvou řeckých slov: „sarx“ (tělo či maso) a „penia“ (ztráta). Od své definice se léčba i prevence sarkopenie staly cílem mnoha odborníků z celé řady vědních oblastí. V nedávné minulosti bylo vytvořeno několik pracovních skupin s cílem dosáhnout konsensu v oblasti diagnostiky, prevence a léčby sarkopenie. European Society for Clinical Nutrition and Metabolism (ESPEN) vytvořila za tímto účelem speciální pracovní skupinu (Muscaritoli et al., 2010). Další skupinu vytvořily ESPEN společně s European Geriatric Medicine Society (EUGMS), International Association of Gerontology and Geriatrics – European Region (IAGG-ER) a International Association of Nutrition and Aging (IANA) pod názvem European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) (Cruz-Jentoft et al., 2010). Paralelně byla na mezinárodní konferenci v Římě v listopadu 2009 ustanovena skupina International Working Group on Sarcopenia (IWGS) (Fielding et al., 2011), v Asii vznikla skupina Asian Working Group for Sarcopenia (Chen et al., 2014) a ve Spojených státech byl realizován v rámci National Institutes of Health (NIH) projekt pod názvem Foundation for the National Institutes of Health Biomarkers Consortium Sarcopenia Project (Studenski et al., 2014). Tématu sarkopenie je věnována již od roku 2011 každoroční mezinárodní konference International Conference on Frailty & Sarcopenia Research (ICFSR). Lze tedy bez nadsázky říci, že sarkopenie je jedním z nejdiskutovanějších geriatrických témat současnosti. Vzhledem k možným zdravotním i společensko-sociálním komplikacím spojeným se sarkopenií však není divu. Sarkopenie, jako jeden z projevů stařecké křehkosti (frailty), vede ke zvýšenému riziku pádů, ke ztrátě soběstačnosti, sociální izolovanosti, a v konečném důsledku i ke zvýšené mortalitě (Morley, Anker, & von Haehling, 2014). Velký zájem o sarkopenii mezi vědeckou společností ilustruje velmi dobře graf prezentující množství odborných publikací zabývajících se sarkopenií indexovaných v databázi US National Library of Medicine National Institutes of Health (PubMed) od roku 1993 do konce srpna roku 2017, který je znázorněn na **Obrázku 1**.



Obrázek 1 Zvyšující se množství publikovaných vědeckých prací zabývajících se sarkopenií od roku 1993 do roku 2017

Léčba a prevence sarkopenie nabývá na významu především vzhledem k celosvětovému stárnutí lidské populace. Nárůst počtu seniorů nad 65 let, kteří jsou sarkopenií nejvíce ohroženou skupinou, je celosvětovým trendem. Zatímco v roce 2000 byla odhadována celosvětová populace osob ve věku nad 65 let na 420 milionů, což byl nárůst o 9,5 milionu oproti roku 1999 (Kinsella & Velkoff, 2001), v roce 2015 to již bylo 617,1 milionu (He, Goodkind, & Kowal, 2016), tedy nárůst téměř o 200 milionů obyvatel. Počítáme-li s tím, že relativní množství seniorů nad 65 let aktuálně celosvětově činí 8,5 %, můžeme odhadnout, že na konci roku 2016 se počet seniorů nad 65 let již rovnal 625,8 milionů (U. S. Census Bureau, 2016). Podle odhadů amerického národního úřadu pro sčítání lidu (U. S. Census Bureau) bude na světě v roce 2030 žít přibližně 998,7 lidí starších 65 let a v roce 2050 dokonce již více než 1,5 miliardy (He, Goodkind, & Kowal, 2016), což vzhledem k celkové populaci bude činit 16,7 % (**Tabulka 1**). Přičemž Evropa bude světadíl s největším poměrem populace nad 65 let (**Obrázek 2**). V těchto odhadech pochopitelně nejsou zahrnuty možné změny vyplývající z celosvětové migrační krize. V každém případě s tím, jak populace celosvětově stárne, narůstají i náklady na léčbu sarkopenie a komplikací s tímto syndromem spojených. Přestože do současné doby nebylo publikováno mnoho prací zabývajících se odhadem přímých nákladů

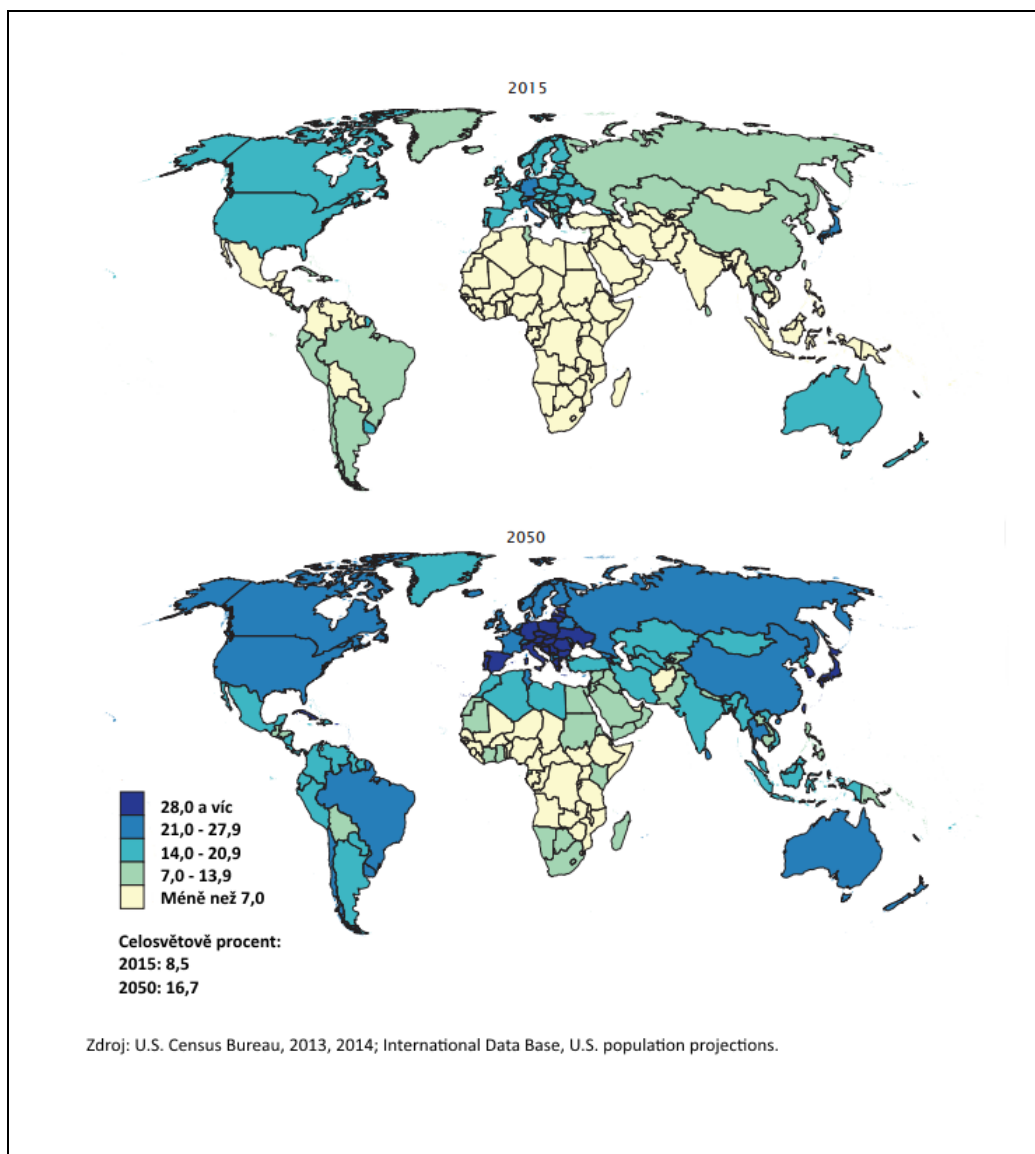
na léčbu pacientů trpících sarkopenií, jsou předpokládány náklady značné. Například v České republice byly v souvislosti s nedostatečnou svalovou silou (muscle weakness), která je považována za jeden ze symptomů sarkopenie, statisticky odhadnuty významně zvýšené náklady na přímou zdravotní péči (Šteffl et al., 2017a). V podstatě jediná dosud publikovaná studie zabývající se náklady na přímou léčbu sarkopenie byla zveřejněna již v roce 2004. Janssen, Shepard, Katzmarzyk and Roubenoff (2004) v ní odhadli tyto náklady ve Spojených státech Amerických na 18,5 miliardy za rok, což v té době činilo 1,5 % celkových nákladů na zdravotní péči v USA. Nicméně je třeba poznamenat, že v této částce nebyly zahrnuty náklady na možné komorbidity, se kterými je sarkopenie spojována.

Tabulka 1 Odhad vývoje růstu populace do roku 2050

Roky	Celková populace			Populace nad 65 let			Populace nad 65 let (%)		
	Celkem	Muži	Ženy	Celkem	Muži	Ženy	Celkem	Muži	Ženy
2015	7 253,3	3 652,0	3 601,3	617,1	274,9	342,2	8,5	7,5	9,5
2030	8 315,8	4 176,7	4 139,1	998,7	445,2	553,4	12,0	10,7	13,4
2050	9 376,4	4 681,7	4 694,7	1 565,8	698,5	867,3	16,7	14,9	18,5

Čísla jsou uvedena v milionech
Zdroj: U.S. Census Bureau, 2016; International Data Base.

Vzhledem k demografickému vývoji je třeba zmínit problematiku prevalence sarkopenie, která s přibývajícím věkem vzrůstá (Morley et al., 2014). V závislosti na různých diagnostických metodách však prevalence sarkopenie u seniorů nad 60 let značně kolísá. Domiciano et al. (2013) diagnostikovali sarkopenii u 3,7 % žen nad 65 let pomocí odhadu množství apendikulární svalové hmoty (ASM), ovšem poté, co ASM adjustovali pro tělesný tuk, stoupla prevalence na 19,9 %. Lau, Lynn, Woo, Kwok, a Melton (2005) odhadli prevalenci sarkopenie na základě pouhého měření aktivní tělesné hmoty (ATH) na 20,7 % u mužů od 70 do 79 let a u stejně starých žen dokonce na 61 %, s použitím ASM to však bylo jen 23,4 % u mužů, respektive 36,4 % u žen. A poté, co použili ASM dělený čtvercem výšky, klesla prevalence na 12,3 % u mužů a na pouhých 7,2 % u žen. Právě diagnostika sarkopenie je jedním z nejčastěji diskutovaných témat. V minulosti bylo navrženo mnoho metod a diagnostických kritérií, z nichž je v současné klinické praxi pravděpodobně nejčastěji používaným algoritmus navržený EWGSOP (Cruz-Jentoft et al., 2010), který využívá jak testy fyzické výkonnosti, tak odhad množství svalové hmoty.



Obrázek 2 Předpokládaný demografický vývoj do roku 2050

Kromě klasické formy sarkopenie, která je úzce spojena s procesy stárnutí, se v současné době objevují rovněž názory, že sarkopenie jako syndrom spojený s pohybovým aparátem může být diagnostikována i u mnohem mladších jedinců. Někteří autoři popisují sarkopenii rovněž u mladších věkových skupin, které se díky modernímu způsobu života, mnohdy chudému na dostatek pohybových aktivit, mohou rovněž stát rizikovou skupinou. Například Kim, Hong a Kim (2016) vytvořili referenční hodnoty pro diagnostiku sarkopenie u

dětí ve věku od 10 do 18 let. Ve své práci se inspirovali studií McCarthy, Samani-Radia, Jebb a Prentice (2014), kteří ještě sarkopenii jako takovou nejmenovali, avšak byli to právě oni, kdo vytvořili referenční hodnoty množství svalové hmoty u dětí. Ve studii uskutečněné na UK FTVS jsme na základě výše jmenovaných studií definovali referenční hodnoty pro diagnostiku sarkopenické obezity pro české děti ve věku od 4 do 14 let (Steffl, Chrudimsky, & Tufano, 2017b).

Vzhledem k charakteru sarkopenie jako syndromu úzce spojenému s pohybovým aparátem je právě kinantropologie vhodným vědeckým oborem pro její studium. Nabízí se zde celá řada možností pro fyzioterapeuty, kondiční specialisty či nutriční poradce. Především odborníci z oboru kinantropologie mají významnou šanci pomoci při řešení tohoto palčivého medicínského problému.

V tomto komentovaném souboru vědeckých prací budou diskutovány mechanismy vzniku sarkopenie, jmenovány vybrané behaviorální rizikové faktory, předložen návrh diagnostických metod sarkopenie využitelných v klinické praxi, dále budou diskutovány možnosti prevence a léčby sarkopenie a v závěrečné části bude uvedena publikace věnující se diagnostice sarkopenie u dětí. Vzhledem k tomu, že všechny zde zahrnuté publikace jsou dílem různých autorských kolektivů, je třeba zmínit, že odhadovaný procentuální podíl autora tohoto přehledu na uvedených publikacích se pohybuje od 40 do 70 %.

1.2 Mechanismy vzniku sarkopenie

Na vzniku sarkopenie se podílí celá řada faktorů. Nicméně jejich podíl na vývoji sarkopenie zatím není zcela objasněn (Arnold, Egger, & Handschin, 2011). Svalová hmota a velikost svalových vláken jsou ve své podstatě výsledkem biosyntézy a degradace svalové bílkoviny, přičemž právě schopnost reparace a regenerace svalových vláken je ve stáří snížena. S věkem souvisejí jak změny systémové, tak změny na buněčné úrovni, které vedou ke ztrátě buněčných organel, úbytku cytoplazmatického obsahu i strukturálních bílkovin kosterního svalstva (Buford et al., 2010). V průběhu stárnutí je například významně snížena signalizace inzulínového růstového faktoru I (IGF-1). U starších jedinců dochází k poklesu endokrinní a parakrinní produkce IGF-1, což může mít významné důsledky pro prevenci i adaptivní kompenzace ztráty spinálních motorických neuronů (MNs) při stárnutí. IGF-1 má silné účinky

na myelinizaci motorických axonů, apoptózu MN, stimulaci axonálního klíčení a opravu poškozených axonů (Grounds, 2002). Účinky IGF-1 navíc redukuje zvýšené množství cirkulujících cytokinů, jako jsou tumor nekrotizující faktory TNF- α , TNF- β či interleukin 6 (IL-6), a zvýšený oxidační stres (Grounds, Radley, Gebiski, Bogoyevitch, & Shavlakadze, 2008). I v důsledku těchto vlivů je stárnutí doprovázeno významnou reorganizací neuromuskulárního systému, což přispívá ke ztrátě výkonnosti jedince (Aagaard, Suetta, Caserotti, Magnusson, & Kjaer, 2010). Rovněž dospělé svalové kmenové buňky, tzv. satelitní buňky, které jsou rekrutovány pro regeneraci vláken a hypertrofii, vykazují snižující se myogenní potenciál ve stáří (Snijders, Verdijk, & van Loon, 2009). To může být způsobeno poklesem počtu prekurzorů svalových buněk a sníženou schopností těchto buněk reagovat na anabolické stimuly, jako je IGF-1 doprovázený poklesem exprese myogenních regulačních faktorů podílejících se na zrání svalových buněk (Conboy & Rando, 2002). Kromě toho se ukazuje, že rovněž existuje mnoho neurologických vlivů na vývoj sarkopenie, a to na různých úrovních od mozku až po neuromuskulární křižovatky. Zánětlivé změny motorických neuronů navíc snižují rychlost vedení a amplitudu akčního potenciálu do svalu, což v konečném důsledku může přispět k atrofii svalových vláken (Kwon & Yoon, 2017).

1.3 Behaviorální vlivy

Patogeneze sarkopenie jako syndromu spojeného s úbytkem svalové hmoty je ovlivňována celou řadou behaviorálních vlivů. Mezi ty hlavní, které je třeba jmenovat, patří bezesporu sedavý způsob života s nedostatkem pohybové aktivity (Rolland et al., 2008). Dalším vlivem, který je spojován s celou řadou nemocí včetně sarkopenie, je užívání tabákových výrobků (Rom, Kaisari, Aizenbud, & Reznick, 2012). Někteří autoři uvádějí jako jeden z rizikových faktorů rovněž konzumaci alkoholických nápojů (Thapaliya et al., 2014). Jedná se především o častou konzumaci a rizikovou skupinou jsou pravděpodobně spíše ženy než muži (Kwon et al., 2017; Yoo et al., 2017). Šteffl, Bohannon, Petr, Kohlíková a Holmerová (2015) prostřednictvím své metaanalýzy částečně potvrdili negativní vliv kouření tabákových prostředků na vývoj sarkopenie. Zatímco meta-analýza věnující se vlivu kouření tabákových prostředků na vývoj sarkopenie kauzální vztah potvrdila, další meta-analýza věnující se konzumaci alkoholických nápojů na vývoj sarkopenie podobný kauzální vztah nepotvrdila

(Steffl, Bohannon, Petr, Kohlikova, & Holmerova, 2016). Konzumace alkoholu měla na základě metaanalýzy průřezových studií spíše protektivní vliv na ztrátu svalové hmoty. Je však důležité poznamenat, že podobná zjištění mají svá omezení vzhledem k nejednotnosti použitých metodik v jednotlivých studiích.

Jedním z behaviorálních faktorů je bezesporu pohybová aktivita. Pohybová aktivita chrání svalovou hmotu před její degradací, čímž působí jako protektivní faktor zpomalující vývoj sarkopenie. Steffl et al. (2017c) došli na základě metaanalýzy průřezových studií k závěru dokazujícímu statisticky signifikantně protektivní vliv pohybové aktivity i negativní vliv pohybové neaktivity.

Na tomto místě je rovněž třeba zmínit, že nedostatek pohybové aktivity může mít za následek deficit či úbytek svalové hmoty v průběhu celého života včetně velmi raného věku. Na základě těchto skutečností byla sarkopenie jako syndrom úzce spojený se stárnutím lidského organismu částečně překvalifikována a v nedávné minulosti bylo konstatováno, že tímto onemocněním mohou být ohroženy i mladší věkové kategorie (Kim et al., 2016). Kosterní svalstvo je hlavním místem inzulínem zprostředkované utilizace glukózy, a je tedy klíčovou tkání v celotělové glukózové homeostáze, přičemž rezistence na inzulín ve svalové tkáni je zvláště závažná (Benson, Torode, & Singh, 2006). Sarkopenie jakožto kritický nedostatek svalové hmoty či sarkopenická obezita, při které dochází k nahrazení svalové hmoty tukovou tkání, mohou vézt ke zvýšenému riziku metabolického syndromu již v raném věku (McCarthy et al., 2014).

1.4 Diagnostika sarkopenie

Velmi diskutovaným tématem je v současné době diagnostika sarkopenie. Od definice sarkopenie v roce 1989 byla navržena celá řada diagnostických prostředků. V prvopočátcích se diagnostika sarkopenie omezovala na odhad množství svalové hmoty bez ohledu na její kvalitu. Na základě odhadu svalové hmoty bylo navrženo vypočítat index svalové hmoty dělením jejího celkového množství (kg) čtvercem výšky (m^2). U pacienta byla indikována sarkopenie, pokud byl index > 2 směrodatné odchylky (SD) pod průměrem zdravé mladé populace specifickým pro pohlaví (Baumgartner et al., 1998). K odhadu množství svalové hmoty byla použita celá

řada více či méně přesných přístrojů. Za zlatý standard je v současné době považována dvouenergievá rentgenová absorpciometrie (DXA) (Guglielmi et al., 2016). Kromě DXA je především pro klinické využití doporučována rovněž významně levnější elektrická bioimpedanční analýza (BIA). Obě metody mají své klady a svá omezení.

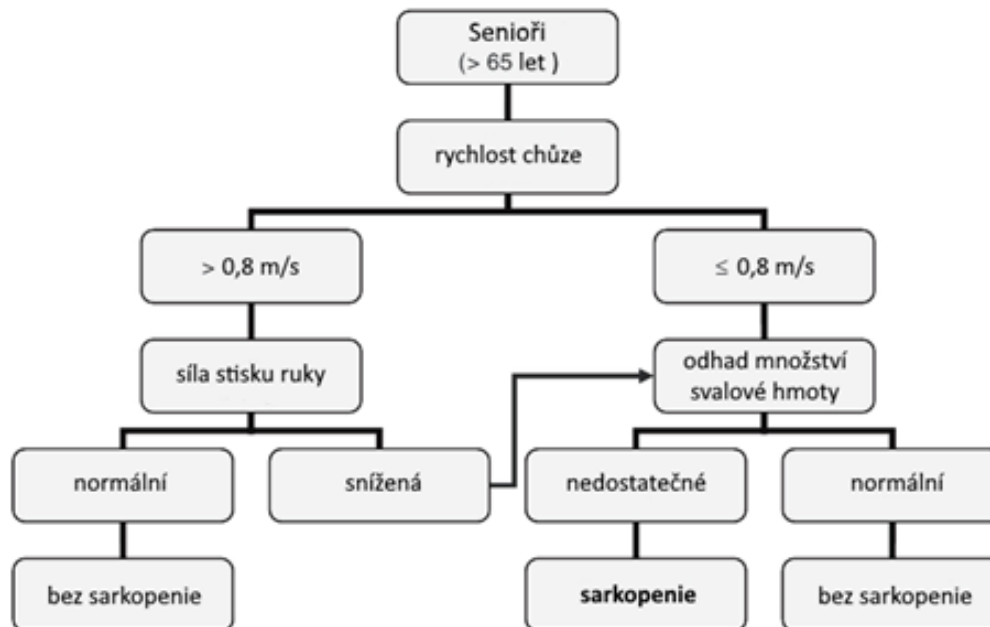
S přibývajícím znalostmi sarkopenie jako složitějšího syndromu se přestal klást důraz pouze na odhad množství svalové tkáně, ale do centra pozornosti se dostal i odhad vlastností svalové tkáně apendikulárního svalstva. Do diagnostických prostředků byly zahrnuty testy svalové síly, a to především síla stisku ruky, která je obvykle využívána pro odhad úrovně silových schopností (Cooper et al., 2013), či různé testy fyzické výkonnosti, z nichž nejčastěji doporučovaným je test rychlosti chůze (Studenski et al., 2003). V posledních letech je nejčastěji používanou diagnostickou metodou kombinace odhadu svalové hmoty, měření svalové síly a celkové fyzické výkonnosti. EWGSOP navrhla pro diagnostiku sarkopenie speciální algoritmus kombinující měření fyzické výkonnosti reprezentované rychlostí chůze, měření síly pomocí síly stisku ruky a odhad svalové síly (Cruz-Jentoft et al., 2010). Algoritmus navržený EWGSOP je znázorněn na **Obrázku 3**. Pro každou položku byly navrženy referenční hodnoty v závislosti na pohlaví, etnické skupině a věku.

Přestože byly v minulosti navrženy četné diagnostické postupy, není stále vytvořeno univerzální doporučení, které by bylo možné uplatnit především v klinické praxi. Na řadu úskalí různých diagnostických metod upozornili Šteffl, Houdová, Petr, Kohlíková a Holmerová (2013) ve své přehledové studii.

Vzhledem k častým omezením v použití stávajících diagnostických metod, ať již z důvodu finanční náročnosti potřebných přístrojů či prakticky nemožnému užití u některých nejvíce ohrožených kohort, v současné době stále probíhá výzkum nových metod. Ve spolupráci s odborníky ze Spojených států amerických pod vedením profesora Bohannona bylo na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy uskutečněno v předešlých letech několik výzkumných studií zaměřených na ověření či adekvátnost dosavadních metod především u velmi starých seniorů nad sedmdesát let často trpících některou formou demence (Steffl et al., 2015; Steffl et al., 2016).

Kromě ověření adekvátnosti jednotlivých metod jsme se rovněž podíleli na tvorbě a návrhu nových diagnostických prostředků, které by bylo možno použít i u velmi starých jedinců. Touto metodou je měření síly extenzorů dolních končetin pomocí ručního dynamometru (Bohannon et al., 2014). Dále jsme se partnersky podíleli na návrhu komplexního testu síly tělesného jádra, které by mohlo sloužit k časně detekci oslabení pohybového aparátu

u všech věkových kategorií (Bohannon et al., 2017). Jedná se o výdrž v podporu ležmo na předloktích obecně zvané „prone bridge test“, česky rovněž „prkénko“. Jak ukázaly výsledky naší studie, je tato poloha vhodná k testování komplexní izometrické svalové síly i u seniorů.



Obrázek 3 Algoritmus doporučený k diagnostice sarkopenie

1.5 Prevence a možnosti léčby sarkopenie

S přihlédnutím k rozsahu vědecké oblasti, kterou pokrývá kinantropologie, budou v této části textu diskutovány pouze nelékařské léčebné a preventivní prostředky, z nichž nepochybně hlavní roli hraje pohybová aktivita.

Pohybová aktivita, jak již bylo zmíněno výše, je schopna působit jako protektivní faktor brzdící progres sarkopenie. Může být tedy velmi efektivně využita také jako preventivní či léčebný prostředek (Pillard et al., 2011). Pohybové aktivity lze rozdělit do čtyř základních kategorií - aerobní cvičení, progresivní odporový trénink, protahovací cvičení a cvičení rozvíjející rovnováhu (Montero-Fernandez & Serra-Rexach, 2013). Každá z těchto technik má svůj specifický pozitivní účinek na svalový aparát. American College of Sports Medicine (ACSM) doporučuje rozsah cvičení pro seniory 30–60 minut střední intenzity denně anebo 20–30 minut vysoké intenzity třikrát týdně (Nelson et al., 2007). Aerobní cvičení rozvíjí především

kardiovaskulární systém (Whelton, Chin, Xin, & He, 2002), čímž přispívá k udržení tělesné výkonnosti člověka i v pozdním věku. Není přitom rozhodující druh aerobní pohybové aktivity, nabízí se různé možnosti jako rychlá chůze (například dnes populární „nordic walking“), kondiční běh, plavání, cyklistika. Z hlediska nárůstu svalové hmoty je bezesporu jedním z nejúčinnějších prostředků progresivní odporový trénink, při kterém dochází ke zvýšení tělesné výkonnosti a svalové síly i u velmi starých osob (Arnold & Bautmans, 2014; Liu & Latham, 2009). Doporučená úroveň cvičení pro seniory obsahuje posilování všech hlavních svalových skupin a provádí se nejméně dva dny v týdnu. Přičemž není doporučeno žádné zvláštní časové rozmezí, ale cvičení pro posilování svalů by měla být vždy prováděna až do okamžiku, kdy je již obtížné provést další opakování bez pomoci. Jestliže se odporový trénink používá ke zvýšení svalové síly, je jedna série po 8 až 12 opakování každého cvičení účinná, chceme-li však účinek umocnit, dvě nebo tři série mohou být účinnější (U. S. Department of Health and Human Services, 2008). Protahovací cvičení zahrnující krční páteř, ramenní a loketní klouby, zápěstí, kyčelní a kolenní klouby i kotníky by mělo být vykonáváno rovněž alespoň 2x týdně. Protahovací cvičení by mělo doprovázet jak aerobní cvičení, tak odporový trénink (Nelson et al., 2007). Cvičení rozvíjející rovnováhu by měla být zařazována alespoň 3 až 5x týdně. U osob ohrožených rizikem pádu je doporučováno začínat od jednodušších pozic v nízkých polohách a později pokračovat například s přidržením se nábytku při cvičení. K dispozici je celá škála cvičení jako například výdrž ve stoji rozkročném bočním, ve stoji zánožném, přednožném, úožném, chůze pozadu, do stran či po patách (U. S. Department of Health and Human Services, 2008). Rovnováhu je možné rozvíjet i balancováním při cestě dopravním prostředkem (Montero-Fernandez & Serra-Rexach, 2013), zde samozřejmě s oporou o pevnou konstrukci sloužící k držení při jízdě. Přestože jakákoliv pohybová aktivita může být prospěšná i pokud je vykonávána izolovaně, její účinnost v prevenci i léčbě sarkopenie se nepochybně zvyšuje kombinací všech dříve uvedených aktivit (Montero-Fernandez & Serra-Rexach, 2013).

Ačkoliv pohybová aktivita je bezesporu vhodným a účinným preventivním prostředkem v primární prevenci sarkopenie, je především u seniorů nezbytná lékařská konzultace před zahájením jakékoliv pohybové intervence (U. S. Department of Health and Human Services, 2008).

Pohybová aktivita, ať již prováděná samostatně či organizovaně pod dohledem odborníků, vede k posílení organismu a je účinná v boji se sarkopenií. Doplnění pohybových aktivit vhodnou úpravou jídelníčku včetně využití různých suplementací může toto úsilí umocnit. Pro seniory, kteří chtějí účinně zabránit úbytku svalové hmoty, je doporučené

množství příjmu bílkovin okolo 1,5 g/kg tělesné hmotnosti či 15 až 20 % celkového energetického příjmu za den (Wolfe, Miller, & Miller, 2008). V minulosti byly rovněž realizovány četné studie zabývající se vlivem celé škály suplementů obsahujících izolované aminokyseliny či jejich prekurzory (Borsheim et al., 2008; Dillon et al., 2009; Flakoll et al., 2004; Solerte et al., 2008; Stout et al., 2008). Některé z těchto studií přinesly pozitivní účinky, jiné se projeví jako neúčinné, výsledky těchto a dalších studií byly shrnuty v přehledové studii (Steffl, Petr, & Kohlikova, 2012b).

Účinek orálních suplementací v prevenci a léčbě sarkopenie je stále otevřeným tématem a v současné době probíhá celosvětově celá řada studií zabývajících se tímto tématem. Jedna z nich je aktuálně realizována 3. Lékařskou fakultou ve spolupráci s UK FTVS.

1.6 Sarkopenická obezita u dětí

O tom, že nedostatek svalové hmoty může být rozpoznán rovněž u dětí, byla již zmínka výše. Na tomto místě bude diskutována sarkopenická obezita, která především u dětí může být mnohem nebezpečnější a hůře identifikovatelná než klasická sarkopenie. V případě klasické sarkopenie je především třeba rozlišovat mezi sarkopenií a kachexií. Kachexie je komplexní metabolický syndrom, který je charakterizován především poškozením svalové tkáně se ztrátou svalové hmoty občas doplněnou ztrátou tukové hmoty. Významným klinickým znakem kachexie je ztráta hmotnosti, u dospělých korigovaná retencí tekutin, nebo selhání růstu u dětí (s vyloučením endokrinních poruch), s kachexií jsou často spojeny anorexie, záněty a zvýšené poškození svalových proteinů (Mak, Cheung, Zhan, Shen, & Foster, 2012). Naproti tomu sarkopenie je spíše nedostatek svalové hmoty v důsledku nízké pohybové aktivity (Kim et al., 2016). Nedostatek svalové hmoty však v dětském věku může být maskován silnou vrstvou podkožní tukové tkáně, která svalovou tkáň obklopuje, a tak může vytvořit iluzi optimálního množství svalové hmoty. Samotná identifikace sarkopenie u dětí může být poměrně komplikovaným procesem i s využitím analýzy tělesné kompozice. Z tohoto důvodu je nástroj k identifikaci sarkopenie u dětí o něco složitější než u seniorů. Tvorbu referenčních hodnot u dětí navíc ztěžují přirozené změny v důsledku dospívání organismu. McCarthy et al. (2014) proto k identifikaci sarkopenie u dětí navrhli používat poměr svalové a tukové hmoty, tzv.

muscle fat ratio (MFR). MFR v průběhu dospívání nevykazuje významný lineární trend, a tak může sloužit jako relativně účinný ukazatel stavu svalové hmoty v průběhu dospívání. Vzhledem k tomu, že tato diagnostika je založena na poměru svalové hmoty a tukové tkáně, domníváme se, že vhodnější název pro syndrom sarkopenie u dětí je spíše sarkopenická obezita.

Výše zmíněné doporučené diagnostické metody jsou založeny na odhadu tělesné kompozice. Na našem pracovišti jsme v předchozích letech navrhli na základě analýzy více než 700 dětí diagnostický prostředek používající odhad svalové síly pomocí síly stisku ruky korigovaný základním antropometrickým ukazatelem tělesné stavby – body mass indexem (BMI). V této studii jsme rovněž předložili genderově specifické referenční hodnoty síly stisku ruky/BMI pro děti žijící v České republice (Steffl, Chrudimsky, & Tufano, 2017b).

2 VÝZKUMNÉ ZAMĚŘENÍ A CHARAKTERISTIKA PUBLIKACÍ ZAHRNUTÝCH DO SOUBORU¹

Výzkumné zaměření publikací uvedených v tomto přehledu lze rozdělit do několika tematických celků. Nalezneme zde publikaci věnující se etiologii a stručnému přehledu poznatků týkajících se sarkopenie. Jedná se o přehledovou studii, která byla publikována v časopise *Acta Universitatis Carolinae – Kinanthropologica* (Steffl, Petr, Ruda, & Kohlikova, 2011). Tři meta-analýzy zkoumají vliv behaviorálních faktorů na vývoj sarkopenie. První z nich sledující vliv kouření tabákových prostředků na sarkopenii byla publikována v časopise *Physiological Research* (IF = 1,643) (Steffl, et al., 2015), druhá věnující se vztahu konzumace alkoholických nápojů a sarkopenie byla publikována v časopise *BMC Geriatrics* (IF = 2,611) (Steffl, et al., 2016) a poslední meta-analýza věnující se vlivu pohybových aktivit na sarkopenii byla publikována v časopise *Clinical Interventions in Aging* (IF = 2,581) (Steffl, et al., 2017c). Nejpočetnější celek tvoří oblast diagnostiky sarkopenie. Do problematiky uvádějí dvě přehledové studie, z nichž jedna přinášející stručné shrnutí různých diagnostických metod doporučených jak pro výzkum, tak pro klinickou praxi, byla publikována v časopise *Česká kinantropologie* (Prokesova, Steffl, Petr, & Kohlikova, 2012) a druhá koncipovaná jako kritický pohled na problematiku diagnostiky sarkopenie v zařízeních dlouhodobé péče byla publikována v časopise *Acta Universitatis Carolinae: Kinanthropologica* (Steffl et al., 2013). V rámci

¹ U časopisů s impakt faktorem (IF) jsou vždy uvedeny hodnoty IF v roce vydání článku.

vědecké činnosti Katedry fyziologie a biochemie UK FTVS jsme realizovali ve spolupráci se zahraničními odborníky několik výzkumných projektů, z nichž tři studie byly zaměřeny na ověření možnosti využití stávajících diagnostických metod v klinické praxi. Výsledky těchto studií byly publikovány v časopisech *Journal of Aging Research and Clinical Practice* (Steffl et al., 2013), *Isokinetics and Exercise Science* (IF = 0,357) (Steffl, et al., 2015) a *Journal of Nutrition, Health & Aging* (IF = 2,775) (Steffl, et al., 2016). Kromě ověření dosavadních diagnostických metod byly realizovány rovněž dvě studie zabývající se tvorbou nových diagnostických prostředků. Obě studie byly realizovány v mezinárodní spolupráci pod vedením profesora Bohannona. V první byla použita metoda ruční dynamometrie, konkrétně měření síly extenzorů kyčelního kloubu. Výsledky této studie byly publikovány v časopise *Isokinetics and Exercise Science* (IF = 0,488) (Bohannon et al., 2014). Druhá studie byla zaměřena na možnost využití polohy podpor ležmo na předloktích jako komplexního testu izometrických silových schopností u seniorů. Tato studie, na které se kromě UK FTVS podíleli rovněž odborníci z University of Connecticut a Campbell University, byla publikována v časopise *Journal of Bodywork and Movement Therapies* (Scopus CiteScore 2017 = 0,79) (Bohannon et al., 2017). Dalším tematickým celkem je prevence a možnosti léčby sarkopenie. V této oblasti byly publikovány dvě studie. Přehledová studie zaměřená na benefity pohybových aktivit v primární prevenci sarkopenie, jež byla publikována v časopise *Studia Kinanthropologica* (Steffl, Petr, & Kohlikova, 2012a). Systematická přehledová studie sledující vliv suplementací různými druhy aminokyselin byla publikována v časopise *Acta Universitatis Carolinae – Kinanthropologica* (Steffl, Petr, & Kohlikova, 2012b). Dopadem nedostatečné svalové síly (muscle weakness) na nárůst nákladů na zdravotní péči u relativně zdravých seniorů se zabývá ekonomická studie publikovaná v časopise *Clinical Interventions in Aging* (IF = 2,581) (Steffl, et al., 2017a).

Kromě studií zabývajících se především seniorskou populací byla do přehledu zařazena studie, která se zabývá diagnostikou sarkopenie u dětí. Výzkumnému týmu UK FTVS se v rámci sportovně-propagační akce Sport'áček podařilo diagnostikovat více než 700 dětí ve věku od pěti do patnácti let. Výsledky studie byly publikovány v časopise *Plos One* (IF = 2,806) (Steffl, Chrudimsky, & Tufano, 2017b).

3 SOUBOR VĚDECKÝCH PRACÍ

- 3.1 Sarcopenia – brief characteristics, etiology and possible therapy**
- 3.2 Relation between cigarette smoking and sarcopenia: meta-analysis**
- 3.3 Alcohol consumption as a risk factor for sarcopenia - a meta-analysis**
- 3.4 Relationship between sarcopenia and physical activity in older people: a systematic review and meta-analysis**
- 3.5 Možnosti diagnostiky a prevence sarkopenie**
- 3.6 Selected problems with diagnostics of sarcopenia in long-term-care facilities for the elderly**
- 3.7 Appropriateness of five measures proposed by EWGSOP for diagnosing sarcopenia in clinical practice among the elderly living at the senior centre in Blansko, Czech Republic - a case study**
- 3.8 Association between clinical measures of sarcopenia in a sample of community dwelling women**
- 3.9 Assessment of diagnostics tools for sarcopenia severity using the item response theory (IRT)**
- 3.10 Hip extension strength: Description and validity of a new procedure applied to older women**
- 3.11 The prone bridge test: Performance, validity, and reliability among older and younger adults**
- 3.12 Benefity pohybových aktivit v primární prevenci sarkopenie**
- 3.13 The role of amino acid supplementation in sarcopenia treatment**
- 3.14 The increase in health care costs associated with muscle weakness in older people without long-term illnesses in the Czech Republic**
- 3.15 Using relative handgrip strength to identify children at risk of sarcopenic obesity**

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.
- Arnold, A. S., Egger, A., & Handschin, C. (2011). PGC-1alpha and myokines in the aging muscle - a mini-review. *Gerontology*, 57(1), 37-43. doi: 10.1159/000281883.
- Arnold, P., & Bautmans, I. (2014). The influence of strength training on muscle activation in elderly persons: a systematic review and meta-analysis. *Exp Gerontol*, 58, 58-68. doi: 10.1016/j.exger.2014.07.012
- 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. *Am J Epidemiol*, 147(8), 755-763.
- Benson, A. C., Torode, M. E., & Singh, M. A. (2006). Muscular strength and cardiorespiratory fitness is associated with higher insulin sensitivity in children and adolescents. *Int J Pediatr Obes*, 1(4), 222-231.
- Bohannon, R. W., Steffl, M., Glenney, S. S., Green, M., Cashwell, L., Prajerova, K., & Bunn, J. (2017). The prone bridge test: Performance, validity, and reliability among older and younger adults. *J Bodyw Mov Ther*. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2017.07.005>
- Bohannon, R. W., Steffl, M., Musalek, M., Miroslav, P., Houdova, V., & Holmerova, I. (2014). Hip extension strength: Description and validity of a new procedure applied to older women. *Isokinet Exerc Sci*, 22(3), 211-215. doi: 10.3233/ies-140541
- Borsheim, E., Bui, Q. U., Tissier, S., Kobayashi, H., Ferrando, A. A., & Wolfe, R. R. (2008). Effect of amino acid supplementation on muscle mass, strength and physical function in elderly. *Clin Nutr*, 27(2), 189-195. doi: 10.1016/j.clnu.2008.01.001.
- 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. doi: 10.1016/j.arr.2010.04.004

- U. S. Census Bureau. (2016). Census Bureau Projects U.S. and World Populations on New Year's Day, from <http://www.census.gov/newsroom/press-releases/2016/cb16-tps158.html>
- Conboy, I. M., & Rando, T. A. (2002). The regulation of Notch signaling controls satellite cell activation and cell fate determination in postnatal myogenesis. *Dev Cell*, 3(3), 397-409.
- Cooper, C., Fielding, R., Visser, M., van Loon, L. J., Rolland, Y., Orwoll, E., . . . Kanis, J. A. (2013). Tools in the assessment of sarcopenia. *Calcif Tissue Int*, 93(3), 201-210. doi: 10.1007/s00223-013-9757-z.
- 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. doi: 10.1093/ageing/afq034.
- Dillon, E. L., Sheffield-Moore, M., Paddon-Jones, D., Gilkison, C., Sanford, A. P., Casperson, S. L., . . . Urban, R. J. (2009). Amino acid supplementation increases lean body mass, basal muscle protein synthesis, and insulin-like growth factor-I expression in older women. *J Clin Endocrinol Metab*, 94(5), 1630-1637. doi: 10.1210/jc.2008-1564.
- Domiciano, D. S., Figueiredo, C. P., Lopes, J. B., Caparbo, V. F., Takayama, L., Menezes, P. R., . . . Pereira, R. M. (2013). Discriminating sarcopenia in community-dwelling older women with high frequency of overweight/obesity: the Sao Paulo Ageing & Health Study (SPAH). *Osteoporos Int*, 24(2), 595-603. doi: 10.1007/s00198-012-2002-1.
- Fielding, R. A., Vellas, B., Evans, W. J., Bhasin, S., Morley, J. E., Newman, A. B., . . . Zamboni, M. (2011). Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc*, 12(4), 249-256. doi: 10.1016/j.jamda.2011.01.003
- Flakoll, P., Sharp, R., Baier, S., Levenhagen, D., Carr, C., & Nissen, S. (2004). Effect of β -hydroxy- β -methylbutyrate, arginine, and lysine supplementation on strength,

- functionality, body composition, and protein metabolism in elderly women. *Nutrition*, 20(5), 445-451. doi: 10.1016/j.nut.2004.01.009
- Grounds, M. D. (2002). Reasons for the degeneration of ageing skeletal muscle: a central role for IGF-1 signalling. *Biogerontology*, 3(1-2), 19-24.
- Grounds, M. D., Radley, H. G., Gebiski, B. L., Bogoyevitch, M. A., & Shavlakadze, T. (2008). Implications of cross-talk between tumour necrosis factor and insulin-like growth factor-1 signalling in skeletal muscle. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 35(7), 846-851. doi: 10.1111/j.1440-1681.2007.04868.x.
- Guglielmi, G., Ponti, F., Agostini, M., Amadori, M., Battista, G., & Bazzocchi, A. (2016). The role of DXA in sarcopenia. *Aging Clin Exp Res*, 28(6), 1047-1060. doi: 10.1007/s40520-016-0589-3
- He, W., Goodkind, D., & Kowal, P. (2016). An Aging World: 2015 U.S. Census Bureau, International Population Reports, P95/16-1 Retrieved from <http://census.gov/content/dam/Census/library/publications/2016/demo/p95-16-1.pdf>
- Chen, L. K., Liu, L. K., Woo, J., Assantachai, P., Auyeung, T. W., Bahyah, K. S., . . . Arai, H. (2014). Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc*, 15(2), 95-101. doi: 10.1016/j.jamda.2013.11.025
- Janssen, I., Shepard, D. S., Katzmarzyk, P. T., & Roubenoff, R. (2004). The healthcare costs of sarcopenia in the United States. *J Am Geriatr Soc*, 52(1), 80-85.
- Kim, K., Hong, S., & Kim, E. Y. (2016). Reference Values of Skeletal Muscle Mass for Korean Children and Adolescents Using Data from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2009-2011. *PLoS ONE*, 11(4), e0153383. doi: 10.1371/journal.pone.0153383
- Kinsella, K., & Velkoff, V. (2001). An Aging World: 2001 U.S. Census Bureau, Series P95/01-1 Retrieved from <https://www.census.gov/prod/2001pubs/p95-01-1.pdf>
- Kwon, Y. J., Lim, H. J., Lee, Y. J., Lee, H. S., Linton, J. A., Lee, J. W., & Kang, H. T. (2017). Associations between high-risk alcohol consumption and sarcopenia among postmenopausal women. *Menopause*, 24(9), 1022-1027. doi: 10.1097/GME.0000000000000879

- Kwon, Y. N., & Yoon, S. S. (2017). Sarcopenia: Neurological Point of View. *J Bone Metab*, 24(2), 83-89. doi: 10.11005/jbm.2017.24.2.83
- Lau, E. M., Lynn, H. S., Woo, J. W., Kwok, T. C., & Melton, L. J., 3rd. (2005). Prevalence of and risk factors for sarcopenia in elderly Chinese men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 60(2), 213-216.
- Liu, C. J., & Latham, N. K. (2009). Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database Syst Rev*, (3), CD002759. doi: 10.1002/14651858.CD002759.pub2.
- Mak, R. H., Cheung, W. W., Zhan, J. Y., Shen, Q., & Foster, B. J. (2012). Cachexia and protein-energy wasting in children with chronic kidney disease. *Pediatr Nephrol*, 27(2), 173-181. doi: 10.1007/s00467-011-1765-5.
- McCarthy, H. D., Samani-Radia, D., Jebb, S. A., & Prentice, A. M. (2014). Skeletal muscle mass reference curves for children and adolescents. *Pediatr Obes*, 9(4), 249-259. doi: 10.1111/j.2047-6310.2013.00168.x
- Montero-Fernandez, N., & Serra-Rexach, J. A. (2013). Role of exercise on sarcopenia in the elderly. *Eur J Phys Rehabil Med*, 49(1), 131-143.
- Morley, J. E., Anker, S. D., & von Haehling, S. (2014). Prevalence, incidence, and clinical impact of sarcopenia: facts, numbers, and epidemiology-update 2014. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 5(4), 253-259. doi: 10.1007/s13539-014-0161-y
- 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. doi: 10.1016/j.clnu.2009.12.004.
- Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., Duncan, P. W., Judge, J. O., King, A. C., . . . American Heart, A. (2007). Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. [Congresses]. *Circulation*, 116(9), 1094-1105. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.185650

- Pillard, F., Laoudj-Chenivesse, D., Carnac, G., Mercier, J., Rami, J., Riviere, D., & Rolland, Y. (2011). Physical activity and sarcopenia. *Clin Geriatr Med*, 27(3), 449-470. doi: 10.1016/j.cger.2011.03.009
- Prokesova, E., Steffl, M., Petr, M., & Kohlikova, E. (2012). Možnosti diagnostiky a prevence sarkopenie. *Česká kinantropologie*, 16(3), 26 - 31.
- Rolland, Y., Czerwinski, S., Abellan Van Kan, G., Morley, J. E., Cesari, M., Onder, G., . . . Vellas, B. (2008). Sarcopenia: its assessment, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives. *J Nutr Health Aging*, 12(7), 433-450.
- Rom, O., Kaisari, S., Aizenbud, D., & Reznick, A. Z. (2012). Lifestyle and sarcopenia- etiology, prevention, and treatment. *Rambam Maimonides Med J*, 3(4), e0024. doi: 10.5041/RMMJ.10091
- Rosenberg, I. H. (1989). Epidemiologic and methodologic problems in determining nutritional-status of older persons - proceedings of a conference held in Albuquerque, New Mexico, October 19-21, 1988 - summary comments. *Am J Clin Nutr*, 50(5), 1231-1233.
- Snijders, T., Verdijk, L. B., & van Loon, L. J. (2009). The impact of sarcopenia and exercise training on skeletal muscle satellite cells. *Ageing Res Rev*, 8(4), 328-338. doi: 10.1016/j.arr.2009.05.003.
- Solerte, S. B., Gazzaruso, C., Bonacasa, R., Rondanelli, M., Zamboni, M., Basso, C., . . . Fioravanti, M. (2008). Nutritional supplements with oral amino acid mixtures increases whole-body lean mass and insulin sensitivity in elderly subjects with sarcopenia. *Am J Cardiol*, 101(11A), 69E-77E. doi: 10.1016/j.amjcard.2008.03.004.
- Steffl, M., Bohannon, R. W., Houdova, V., Musalek, M., Prajerova, K., Cesak, P., . . . Holmerova, I. (2015). Association between clinical measures of sarcopenia in a sample of community-dwelling women. *Isokinet Exerc Sci*, 23(1), 41-44. doi: 10.3233/ies-140562.
- Steffl, M., Bohannon, R. W., Petr, M., Kohlikova, E., & Holmerova, I. (2015). Relation Between Cigarette Smoking and Sarcopenia: Meta-Analysis. *Physiol Res*, 64(3), 419-426.

- Steffl, M., Bohannon, R. W., Petr, M., Kohlikova, E., & Holmerova, I. (2016). Alcohol consumption as a risk factor for sarcopenia - a meta-analysis. *BMC Geriatr*, 16:99. doi: 10.1186/s12877-016-0270-x.
- Steffl, M., Bohannon, R. W., Sontakova, L., Tufano, J. J., Shiells, K., & Holmerova, I. (2017c). Relationship between sarcopenia and physical activity in older people: a systematic review and meta-analysis. *Clin Interv Aging*, 12, 835-845. doi: 10.2147/cia.s132940.
- Steffl, M., Houdova, V., Petr, M., Kohlikova, E., & Holmerova, I. (2013). Selected problems with diagnostics of sarcopenia in long-term-care facilities for the elderly. *AUC Kinanthropologica*, 49(1), 56-64.
- Steffl, M., Chrudimsky, J., & Tufano, J. J. (2017b). Using relative handgrip strength to identify children at risk of sarcopenic obesity. *PLoS ONE*, 12(5), e0177006. doi: 10.1371/journal.pone.0177006
- Steffl, M., Masek, M., Petr, M., Bunc, V., Heller, J., Vankova, H., . . . Holmerova, I. (2013). Appropriateness of five measures proposed by EWGSOP for diagnosing sarcopenia in clinical practice among the elderly living at the senior centre in Blansko, Czech republic - a case study. *J Aging Res Clin Practice*, 2(2), 221 - 225.
- Steffl, M., Musalek, M., Kramperova, V., Petr, M., Kohlikova, E., Holmerova, I., & Volicer, L. (2016). Assessment of diagnostics tools for sarcopenia severity using the item response theory (IRT). *J Nutr Health Aging*, 20(10):1051-1055. doi: 10.1007/s12603-016-0713-2
- Steffl, M., Petr, M., & Kohlikova, E. (2012a). Benefity pohybových aktivit v primární prevenci sarkopenie. *Studia Kinanthropologica*, 13(3), 388 - 392.
- Steffl, M., Petr, M., & Kohlikova, E. (2012b). The role of amino acid supplementation in sarcopenia treatment. *AUC Kinanthropologica*, 48(2), 18-26.
- Steffl, M., Petr, M., Ruda, T., & Kohlikova, E. (2011). Sarcopenia – brief characteristics, etiology and possible therapy. *AUC Kinanthropologica*, 47(2), 78 - 85.
- Steffl, M., Sima, J., Shiells, K., & Holmerova, I. (2017a). The increase in health care costs associated with muscle weakness in older people without long-term illnesses in the

Czech Republic: results from the Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe (SHARE). *Clinical Interventions in Aging*. [Epub ahead of print].

Stout, J. R., Graves, B. S., Smith, A. E., Hartman, M. J., Cramer, J. T., Beck, T. W., & Harris, R. C. (2008). The effect of beta-alanine supplementation on neuromuscular fatigue in elderly (55-92 Years): a double-blind randomized study. *J Int Soc Sports Nutr*, 5, 21. doi: 10.1186/1550-2783-5-21.

Studenski, S., Perera, S., Wallace, D., Chandler, J. M., Duncan, P. W., Rooney, E., . . . Guralnik, J. M. (2003). Physical performance measures in the clinical setting. *J Am Geriatr Soc*, 51(3), 314-322.

Studenski, S. A., Peters, K. W., Alley, D. E., Cawthon, P. M., McLean, R. R., Harris, T. B., . . . Vassileva, M. T. (2014). The FNIH sarcopenia project: rationale, study description, conference recommendations, and final estimates. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 69(5), 547-558. doi: 10.1093/gerona/glu010.

Thapaliya, S., Runkana, A., McMullen, M. R., Nagy, L. E., McDonald, C., Naga Prasad, S. V., & Dasarathy, S. (2014). Alcohol-induced autophagy contributes to loss in skeletal muscle mass. *Autophagy*, 10(4), 677-690. doi: 10.4161/auto.27918.

U.S. Department of Health and Human Services. (2008). 2008 Physical Activity Guidelines for Americans Rockville, MD: U.S. Department of Health and Human Services.

Whelton, S. P., Chin, A., Xin, X., & He, J. (2002). Effect of aerobic exercise on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Ann Intern Med*, 136(7), 493-503.

Wolfe, R. R., Miller, S. L., & Miller, K. B. (2008). Optimal protein intake in the elderly. *Clin Nutr*, 27(5), 675-684. doi: 10.1016/j.clnu.2008.06.008.

Yoo, J. I., Ha, Y. C., Lee, Y. K., Hana, C., Yoo, M. J., & Koo, K. H. (2017). High prevalence of sarcopenia among binge drinking elderly women: a nationwide population-based study. *BMC Geriatr*, 17(1), 114. doi: 10.1186/s12877-017-0507-3.