

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

Vztah tělesného složení a aerobní zdatnosti u seniorů

Diplomová práce

Vedoucí práce:

PaedDr. Květa Prajerová, CSc.

Vypracovala:

Bc. Barbora Boubelíková

Praha, 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci vypracovala samostatně, a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze, dne

Podpis

.....

.....

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení: Fakulta / katedra: Datum vypůjčení: Podpis:

Poděkování

Ráda bych poděkovala PaedDr. Květě Prajerové, CSc. za cenné rady a připomínky, které mi pomohly k vypracování diplomové práce. Dále pak všem, kteří mě podporovali a samozřejmě probandkám, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout.

Abstrakt

Název: Vztah tělesného složení a aerobní zdatnosti u seniorů

Cíl: Cílem této studie bylo zjistit aerobní zdatnost studentek Univerzity 3. věku na UK FTVS a prověřit, zda existuje souvislost mezi složením těla a aerobní zdatností.

Metody: Výzkumu se zúčastnilo 54 seniorek (věk $64 \pm 2,71$ let, tělesná výška $163,23 \pm 6,05$ cm), které v době provádění výzkumu studovaly Univerzitu 3. věku na UK FTVS. Původní soubor činilo 91 osob, ale museli být vyloučeny osoby starší 70 let a osoby užívající léky ovlivňující srdeční frekvenci. Měření složení těla bylo realizováno pomocí multifrekvenční bioimpedanční analýzy BIA 2000M. Sledovanými parametry byly celková tělesná voda (TBW), vnitrobuněčná tekutina (ICW), mimobuněčná tekutina (ECW) v litrech, tukuprostá hmota (FFM) v kg, procento tělesného tuku (% BF) a poměr mimobuněčné a celkové buněčné hmoty (ECM/BCM). Měření aerobní zdatnosti bylo realizováno chodeckým testem na 2 km, hodnoceného dle Stejskala na atletickém stadionu UK FTVS. Čas a srdeční frekvence byly snímány sporttestery (Polar S 610i). Data byla zpracována pomocí statistického programu IBM SPSS statistics 22.

Výsledky: Výsledky ukázaly, že námi vybraný soubor patří do „průměrně zdatných seniorů“. Statisticky významný vztah mezi aerobní zdatností a vybranými parametry tělesného složení byl shledán pouze u procenta tělesného tuku. Procento tělesného tuku je také nejsilnějším a jediným prediktorem aerobní zdatnosti u seniorů.

Klíčová slova: tělesná zdatnost, složení těla, senior

Abstract

Title: The relationship of body composition and aerobic fitness in the elderly

Objectives: The aim of this study was to determine the aerobic fitness of students at University of Third Age at the UK FTVS and to investigate whether there exists an association between body composition and aerobic fitness.

Methods: The research involved 54 seniors (age 64 ± 2.71 years, body height 163.23 ± 6.05 cm) who studied at University of the 3rd Age at the UK FTVS at the time of research. The original sample of probands was 91, but people aged over 70 years and people taking heart-rate medications had to be excluded. Measurements of body composition was performed using BIA 2000M multifrequency bioimpedance analysis. The investigated parameters were total body water (TBW), intracellular water (ICW), extracellular water (ECW) in litres, fat free mass (FFM) in kg, percentage of body fat (% BF) and extracellular and body cell mass ratio (ECM/BCM). Measurement of aerobic fitness was performed by a 2 km test pass, evaluated by Stejskal at the athletic stadium UK FTVS. Time and heart rate were scanned by sporttester (Polar S 610i). The data was processed using the IBM SPSS statistics 22.

Results: The results showed that our group belongs to „average seniors“ in terms of aerobic fitness. A significant relationship between aerobic fitness and selected body composition parameters was found only in percentage of body fat. The percentage of body fat is also the strongest and the only predictor of aerobic fitness in the elderly.

Key words: physical fitness, body composition, senior

OBSAH

1	Úvod.....	10
2	Teoretická východiska	11
2.1	Stáří a stárnutí	11
2.1.1	Stáří.....	11
2.1.2	Demografické údaje o seniorské populaci v České republice	14
2.1.3	Proces stárnutí.....	16
2.1.4	Fyziologické změny jednotlivých systémů ve stáří	18
2.1.4.1	Změny muskuloskeletálního systému.....	18
2.1.4.2	Změny kardiovaskulárního systému.....	19
2.1.4.3	Změny respiračního systému	20
2.1.4.4	Změny reprodukčního a vylučovacího systému	21
2.1.4.5	Změny nervového systému.....	22
2.1.4.6	Změny trávicího systému	23
2.1.4.7	Změny na úrovni smyslových orgánů	23
2.1.4.8	Kožní změny.....	23
2.1.5	Psychické změny ve stáří.....	24
2.2	Tělesné složení	25
2.2.1	Modely tělesného složení.....	26
2.2.2	Složky organismu	28
2.2.2.1	Tělesná voda.....	28
2.2.2.2	Tuková tkáň	30
2.2.2.3	Tukuprostá hmota.....	31
2.2.3	Tělesné složení a stáří	33
2.3	Tělesná zdatnost	34

2.3.1	Aerobní zdatnost a srdeční frekvence	36
2.3.2	Tělesná zdatnost ve stáří	38
3	Cíle a úkoly	40
3.1	Cíl práce	40
3.2	Vědecké otázky	40
3.3	Úkoly práce	40
4	Metodika výzkumu	41
4.1	Výzkumný soubor	41
4.2	Realizace měření	41
4.3	Použité přístroje a metody	41
4.3.1	Chodecký test na 2 km	41
4.3.2	Bioimpedanční analýza	42
4.4	Analýza dat	43
4.5	Rozsah platnosti	44
5	Výsledky	45
6	Diskuze	57
7	Závěr	60
8	Použitá literatura	61
9	Přílohy	69

Seznam použitých symbolů a zkratk

BCM	body cell mass (celková buněčná hmota)
BF	body fat (tělesný tuk)
BIA	bioimpedanční analýza
BMI	body mass index (hmotnostně – výškový index)
DEXA	kostní denzitometrie
ECM	extracellular mass (mimobuněčná hmota)
ECS	extracellular solids (mimobuněčná pevná hmota)
ECW	extracellular water (mimobuněčná tekutina)
FFM	fat – free mass (tukuprostá hmota)
FM	fat mass (tuková hmota)
HDL	high density lipoprotein (lipoprotein o vysoké hustotě)
ICW	intracellular water (vnitrobuněčná tekutina)
SF	srdeční frekvence
TBW	total body water (celková tělesná voda)
WHO	World health organisation (Světová zdravotnická organizace)

1 Úvod

Během posledních let dochází v naší společnosti ke zvyšování podílu seniorské populace. Hovoří se dokonce o 21 % podílu seniorů nad 60 let na skladbě současné populace. Přibývá nejen seniorů jako takových, ale zvláště těch dlouhověkých. Problematika stárnutí se týká mnoha aspektů a nyní je všeobecně přijímán koncept aktivního stárnutí.

V dnešní době jsou někteří seniori velmi aktivní, fyzicky i pracovně, i ve vysokém věku. Začínají se více zajímat o své zdraví a o svou zdatnost. Z tohoto důvodu se začaly vytvářet kondiční programy a testové baterie speciálně pro seniorskou populaci.

Se zdravím a zdatností souvisí taktéž správná životospráva. Nevyvážený jídelníček a nedostatek pohybové aktivity jsou často příčinou tzv. civilizačních chorob. Neustále se vytvářejí nové a přesnější metody zjišťování tělesného složení, které umožňují následné vytvoření pohybového programu či změnu stravy.

U testování fyzické zdatnosti seniorů se vyskytuje větší riziko zranění. Z toho důvodu zkoumáme vztah tělesného složení a aerobní zdatnosti. V případě nalezeného vztahu by se zdatnost mohla odvozovat od zjištěného tělesného složení a seniori by se tudíž nemuseli zúčastňovat fyzických testů, ať již při nepřízní počasí či kvůli vyššímu riziku zranění.

2 Teoretická východiska

V teoretické části se zabýváme definováním pojmu stáří, stanovením věkové hranice pro seniorskou populaci a celkovým procesem stárnutí. Dále se zaměříme na tělesné složení, převážně se zabýváme tělesnou vodou, tukuprostou hmotou, tělesným tukem, vnitrobuněčnou a mimobuněčnou hmotou. Rozebíráme specifika tělesného složení u seniorské populace. V poslední kapitole popisujeme tělesnou zdatnost, více pak aerobní zdatnost a srdeční frekvenci.

2.1 Stáří a stárnutí

Nauka, která se multidisciplinárně zabývá problematikou stáří se nazývá Gerontologie. Název je odvozen od řeckých slov Geron – stařec a Logos – věda. Gerontologie se klasicky dělí do tří oblastí (Kalvach a kol., 2004):

- **Gerontologie experimentální**
Zabývá se otázkou, proč a jak živé organismy stárnou.
- **Gerontologie sociální**
Tato oblast gerontologie se zabývá vzájemným vztahem starého člověka a společnosti – jak senioři ovlivňují společnost a co od společnosti potřebují.
- **Gerontologie klinická (geriatrie)**
Název geriatrie je odvozen ze slova Geron – stařec a Iatreia – léčení. Jedná se o oblast medicíny, která shrnuje napříč všemi obory seniorskou problematiku zdravotního a funkčního stavu.

2.1.1 Stáří

Stářím se označuje pozdní fáze ontogeneze. Jedná se o přirozenou součást života, ve které se nápadněji projevuje souhrn involučních změn se zhoršováním odolnosti organismu. Snižuje se i adaptační schopnost, a to jak v biologickém, tak i psychosociálním smyslu (Kalvach a kol., 2004).

Seniorská populace je velice heterogenní. Jednotliví senioři se navzájem liší věkem, zdravotním i funkčním stavem, životním stylem, rodinným zázemím, vzděláním, a dalšími okolnostmi. Tuto interindividuální variabilitu značíme jako fenotyp stáří (Čevela, Kalvach a Čeledová, 2012; Dvořáčková, 2012). Stav jedince ve stáří a jeho vzhled jsou pak dány několika faktory (Čevela, Kalvach a Čeledová, 2012):

- Biologickou involucí
- Důsledky úrazů a chorob
- Vliv sociálního a fyzického prostředí
- Psychickým stavem
- Adaptací na involuční změny

Z výše zmíněného je patrné, že hranice stáří nelze jednoznačně určit a závisí na řadě faktorů (Slepička, Mudrák a Slepičková, 2015). Obvykle se proto rozlišuje stáří kalendářní, sociální a biologické (Kalvach a kol., 2004).

a) Kalendářní stáří

Kalendářní stáří je jednoznačně vymežitelné, protože je posuzováno podle měření času coby fyzikální jednotky. Tento způsob vymezení stáří vyhovuje demografickým i jiným potřebám, ale nezohledňuje interindividuální rozdíly. Většina odborníků označuje za počátek stáří věk mezi 60 až 65 lety života (Čevela, Kalvach a Čeledová, 2012; Kalvach a kol., 2004; Slepička, Mudrák a Slepičková, 2015).

Rozdělení etap stáří se podle různých autorů liší, ale většina z nich se shoduje na bodě 75 let, kdy i při individuální rychlosti stárnutí jsou patrné charakteristické znaky (Čevela, Kalvach a Čeledová, 2012; Kalvach a kol., 2004).

V 60. letech 20. století akceptovala Světová zdravotnická organizace (WHO) patnáctiletou periodizaci života (tabulka 1), ve kterém je hranice stáří stanovena na 60 let. V současné době se však spíše používá dělení stáří na tři věkové skupiny (tabulka 2).

Tabulka 1: Věkové kategorie podle WHO

Věkové rozmezí	popis
30-44 let	dospělost, adultium
45-59 let	střední věk, intervium
60-74 let	stárnutí, časně stáří, senescence
75-89 let	vlastní stáří, kmetství, senium
90 a více let	dlohověkost, patriarchum

Tabulka 2: Současné členění stáří (Kalvach a kol., 2004)

Věkové rozmezí	název	problematika
65-74 let	mladí senioři (young-old)	penzionování, volného času, aktivit, seberealizace
75-84 let	staří senioři (old-old)	adaptace, tolerance zátěže, specifického stonání, osamělosti
85 a více let	velmi staří senioři (oldest-old)	soběstačnosti a zabezpečení

b) Sociální stáří

Sociální stáří je dáno souhrnem změn sociálních, sociálních rolí a potřeb, životního stylu i ekonomického zajištění. Významné jsou změny v sociálních vazbách v rodinném prostředí jako je osamostatnění se dětí a jejich odchod z rodiny či úmrtí partnera (Čevela, Kalvach, Čeledová, 2012; Kalvach a kol., 2004). Výstižně toto období popisuje Čevela, Kalvach a Čeledová (2012) jako „vystoupení či vytlačení ze světa mládí“. Začátek sociálního stáří se obvykle vymezuje odchodem do důchodu či vznikem nároku na starobní důchod. V sociální periodizaci života (tabulka 3) nyní dochází k civilizačnímu posunu, a to ve smyslu schopnosti i zájmu seniorů déle pracovat, jsou více autonomní (Čevela, Kalvach a Čeledová, 2012; Kalvach a kol., 2004).

Pojem postproduktivní je nebezpečný, jelikož evokuje obraz stařecké neúčinnosti. Snaha je zaměřit pozornost na celoživotní vzdělávání seniorů, celoživotní seberealizaci a na podporu inkluzivně orientovaných sociálních služeb (Kalvach a kol., 2004).

Tabulka 3: Sociální periodizace života (Kalvach a kol., 2004)

období	popis
první věk	předproduktivní, období dětství a mládí, učení, profesní příprava, získávání sociálních zkušeností
druhý věk	produktivní, období dospělosti, produktivita biologická i ekonomicko-sociální
třetí věk	postproduktivní, stáří
čtvrtý věk	období závislosti

c) Biologické stáří

Biologické stáří označuje konkrétní míru involučních změn daného jedince, dochází k poklesu potenciálu zdraví – zdatnost, odolnost a adaptabilita. Ke stanovení biologického stáří ale neexistují přesná kritéria (Čevela, Kalvach a Čeledová; Kalvach a kol., 2004; Slepíčka, Mudrák a Slepíčková, 2015).

Podle Slepíčky, Mudráka a Slepíčkové (2015) je biologické stáří individuální, ovlivněné geneticky, předchozím životním stylem, životními podmínkami a je prolno s chorobnými změnami.

Projevuje se poklesem výkonnosti, somatickými a funkčními změnami těla. Důležitou roli při hodnocení biologického věku hraje i psychologický aspekt - subjektivní vnímání těchto involučních změn (Čevela, Kalvach a Čeledová, 2012).

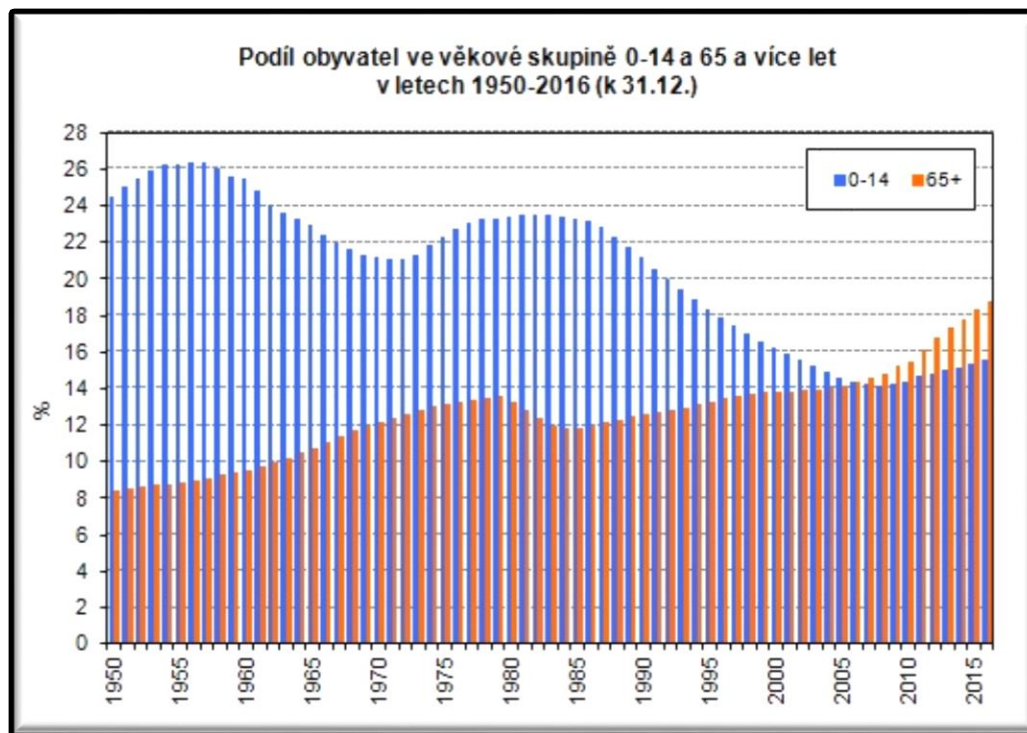
2.1.2 Demografické údaje o seniorské populaci v České republice

V naší společnosti dochází v posledních letech k nárůstu seniorské populace (obrázek 1). Jedná se o výrazný fenomén současné české společnosti (Dvořáčková, 2012; Kalvach a kol., 2004; Sak a Kolesárová, 2012; Slepíčka, Mudrák a Slepíčková, 2015; Sýkorová, 2007; Topinková, 2005). Tento trend je dán především dvěma demografickými změnami, a to zvyšováním střední délky života (naděje dožití) a poklesem počtu narozených (Dvořáčková, 2012; Slepíčka, Mudrák a Slepíčková, 2015).

Proces stárnutí české populace probíhá oproti západoevropským zemím s určitým zpožděním (Sak a Kolesárová, 2012; Sýkorová, 2007). Česká společnost má velmi nepravidelnou věkovou strukturu, pro niž je typické časté střídání populačně slabých a silných generací. Jedná se o věkovou strukturu regresního typu s převahou žen ve vyšším

věku způsobenou vysokou mírou mužské nadúmrtosti a poválečné emigrace. Zmiňovaná mužská nadúmrtost je typická i pro většinu států světa (Sak a Kolesárová, 2012).

Obrázek 1: Podíl obyvatel České republiky od r. 1950 do r. 2016 (ČSÚ)



Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/podil-obyvatel-ve-vekove-skupine-0-14-a-65-a-vice-let-v-letech-1950-2016>

Podle prognóz OSN a našich demografií může být naše republika v polovině 21. století spolu s Řeckem a Itálií společenstvím s největším podílem seniorů na světě (Dvořáčková, 2012). Podle střední varianty projekce demografického vývoje zpracované Českým statistickým úřadem by měli lidé starší 65 let v roce 2030 tvořit 23,9 % populace, v roce 2050 pak 32,2 % (tabulka 4).

Tabulka 4: Projekce obyvatelstva České republiky (ČSÚ)

Rok	celkem	%	% žen
1950	738291	8,3	56,8
2017	19997368	19	58,1
2030	2483876	23,9	56,4
2050	3158657	32,2	54,5

2.1.3 Proces stárnutí

„Stárnutí a stáří je specifický biologický proces, který je charakterizován tím, že je dlouhodobě nakódovaný, je nevratný, neopakuje se, jeho povaha je různá a zanechává trvalé stopy. Jeho rozvoj se řídí druhově specifickým zákonem. Podléhá formativním vlivům prostředí (Pacovský a Heřmanová, 1981, s. 57).“

Involuce je proces, který probíhá kontinuálně od početí. Za skutečný projev stárnutí je však považován pokles funkcí, který nastává po dosažení sexuální dospělosti. Změny související se stářím nastupují značně interindividuálně a heterochronně (Čevela, Kalvach a Čeledová, 2012; Kalvach a kol., 2004).

Morfologicky jde o fyziologickou atrofii. Zhoršuje se výkonnost organismu, klesá zdatnost, odolnost i adaptabilita. Zároveň s probíhajícími změnami je snahou organismu kompenzace pomocí adaptačních mechanismů (Čevela, Kalvach a Čeledová, 2012; Kalvach a kol., 2004). Problematika stárnutí nemá jen biologický charakter, ale zahrnuje jak psychologické, tak sociologické a kulturní vlivy (Sak a Kolesárová, 2012).

Involuční změny jsou úzce spjaty se změnami chorobnými a s projevy životního stylu, neměly by se ale zaměňovat. Jak tvrdí Čevela, Kalvach a Čeledová (2012) výkonnost pohybově aktivního sedmdesátníka může odpovídat výkonnosti sedavě žijícího padesátníka. Podle Slepíčky, Mudráka a Slepíčkové (2015) mají stárnoucí lidé možnost řídit svou fyzičnost. Slouží jim k tomu zdravotní péče, wellness centra, tělocvičny. Využíváním těchto prostředků jim pomáhá nejen se udržet v dobré fyzické kondici, ale i zachovat si hodnoty, které je i nadále řadí k lidem samostatným, potřebným

a angažovaným. Na druhou stranu dle Kamińskiej a Wojcieho (2004) senioři pobývající v pečovatelských domech bývají pasivnější.

Mechanismy involuce nejsou plně známy, a proto existuje řada teorií stárnutí. Hlavní dvě otázky řeší, zdali je stárnutí převážně proces programovaný – nestochastický či se jedná o náhodné změny – stochastický proces. A poté zdali povaha změn, i když nahodilých, je převážně genetická či epigenetická (Čevela, Kalvach a Čeledová, 2012; Kalvach 2004). Níže jsou uvedeny příklady stochastických a nestochastických teorií podle Čevely, Kalvacha a Čeledové, 2012).

- **Stochastické**
 - Teorie omylů a katastrof proteosyntézy
 - Teorie překřížení („cross – linking theory“)
 - Teorie opotřebení
 - Teorie mutační
 - Teorie volných radikálů
 - Teorie spolehlivosti
- **Nestochastické**
 - Pacemakerová teorie (teorie genetických hodin)
 - Genetická teorie
 - Hyflickova teorie limitovaného počtu buněčných dělení
 - Existence genů dlouhověkosti nebo naopak progerie

Boniewská-Bernacká a Pańczyszynová (2016) zas popisují čtyři teorie stárnutí, které poskytují informace o molekulárních aspektech stárnutí organismů. Každá z popsaných teorií poskytuje lepší pochopení mimořádně složitého procesu, přestože neposkytují úplné vysvětlení svého mechanismu.

- První teorie předpokládá dopad délky telomeru na délku života. Telomery jsou nukleoproteinové struktury umístěné na koncích chromozomů, které chrání proti ztrátě genetické informace a které se s každým buněčným cyklem zkracují. Nadměrně zkrácené telomery vedou k rozvoji rakoviny a stárnutí buněk a organismů.
- Druhá mitochondriální teorie popisuje dopad akumulčních mutací v mtDNA na stárnutí. Podle této teorie je proces stárnutí způsoben volnými radikály, tj. chemicky reaktivními molekulami, vytvořenými v

mitochondriích eukaryotických buněk v důsledku redukce molekulárního kyslíku. Toxický účinek takových reaktivních druhů kyslíku vede k akumulaci oxidativního poškození a selhání buněk.

- Podle třetí imunologické teorie je hlavní příčinou stárnutí snížená imunitní funkce a snížené množství produkovaných T a B lymfocytů a poruchy tvorby protilátek, které všechny postupují s věkem.
- Podle čtvrté teorie buněk je homeostatická nerovnováha hlavní příčinou stárnutí. Stárnutí buněk u starších pacientů způsobuje, že jsou náchylnější k tzv. starobním onemocněním.

Je však vysoce pravděpodobné, že několik zdánlivě rozdílných procesů probíhá souběžně a že se jednotlivé teorie stárnutí mohou vzájemně doplňovat (Tosato a kol., 2007 in Hráský, 2014).

Při výzkumu stárnutí jsou velmi důležitým nástrojem longitudinální studie u primátů a člověka. Nejstarší studií je Baltimorská (Baltimore Longitudinal Study of Aging, BLSA), která byla zahájena v roce 1958 a pomáhá objasnit změny způsobené přirozeným stárnutím či ty, způsobené nemocí nebo jinými příčinami (Čevela, Kalvach a Čeledová, 2012).

Procesem stárnutí je nutné se zabývat mnohem dříve, než se vstoupí do této životní etapy. V co největší míře by se měli jedinci i společnost připravovat na toto období (Slepička, Mudrá a Slepičková, 2015). WHO proto definovala tzv. aktivní stárnutí jako *„proces zajištění optimálních příležitostí pro zdraví, účast na životě společnosti a bezpečí s cílem zajistit co nejlepší kvalitu života starých“*.

2.1.4 Fyziologické změny jednotlivých systémů ve stáří

V průběhu života dochází k řadě fyziologických změn jak ve funkci jednotlivých orgánů, tak biochemických, neuroregulačních a imunologických mechanismů (Holmerová a kol., 2014).

2.1.4.1 Změny muskuloskeletálního systému

Strukturální změny postihují takřka všechny orgány pohybového systému. Snižuje se tělesná výška, dochází k oplošťování meziobratlových plotének a k jejich vysychání, ubývá kostní hmota (Hošková, 2012; Kalvach a kol., 2004; Klevetová a Dlabalová, 2008). Řídnutí kostí (osteoporóza) je podle WHO definováno jako *„systémové kostní*

onemocnění charakterizované nízkou kostní hmotou a poruchou mikroarchitektoniky kostní tkáně vedoucí ke zvýšení kostní lomivosti a tím rizika kostní zlomeniny“. Kalvach a kol. (2004) dělí osteoporózu na primární a sekundární a tvrdí, že senioři potřebují vyšší příjem vápníku, jelikož dochází ke zhoršování přizpůsobivosti na nízké vstřebání vápníku, zvláště pak u žen po menopauze.

Vazivo se stává méně pružné, zhoršuje se kvalita kloubních chrupavek, což vede ke zhoršení flexibility ve stáří. V kombinaci s úbytkem celkové tělesné vody dochází ke snížení mobility a stability kloubů (Bartůňková, 2013; Hošková 2012; Kalvach a kol., 2004; Klevetová a Dlabalová, 2008). Tyto degenerativní změny (artróza) se vyskytují u 85 % osob starších 70 let (Boss a Seegmiller, 1981) a vedou ke snížení kloubní pohyblivosti dle Kalvacha a kol. (2004) až o 57 %.

Úbytek svalové hmoty a síly je souhrnně nazýván sarkopenia. Ta je jednou z hlavních příčin geriatrické křehkosti (Berková, Berka a Topinková, 2013; Campbell, McComas a Petito, 1973; Lauretani a kol., 2003). U svalové hmoty dochází ke snížení kvantity – úbytek vláken, tak kvality – větší podíl vaziva a zánik nervových zakončení mají za následek snížení rychlosti a síly svalového stahu. Fázičké svaly jsou postiženy dříve než tonické, a z tohoto důvodu se vyskytuje u starších lidí více posturálních poruch. (Holmerová a kol., 2014; Hošková, 2012). Snižuje se zvláště počet bílých rychlých vláken (typ II) až o 26 %, ale ne jejich velikost. Celkový počet vláken klesá výrazně po 65. roce života a v 80 letech může úbytek činit až 40 %. Klesá i kapilarizace vláken, převážně pak v nečinných svalech klesá počet kapilár až o 50 % (Kalvach a kol., 2004). Svalová síla klesá po třetí dekádě o 15–20 % (Kalvach a kol., 2004), mezi sedmou a osmou dekádou života je snížena o 20-40 % (Lauretani a kol., 2003). Nejpomaleji však ubývá síla na horních končetinách (Kalvach a kol., 2004; Lauretani a kol., 2003).

V ontogenezi člověka nastávají změny ve schopnostech ve stejném pořadí v dětství a ve stáří: obratnost, rychlost, síla, vytrvalost (Holmerová a kol., 2014). Se všemi výše zmíněnými změnami také souvisí zpomalení chůze ve vyšším věku, při které je snížena kroková frekvence a zkrácen krok (Kalvach a kol., 2004).

2.1.4.2 Změny kardiovaskulárního systému

Stárnutí představuje konvergenci klesajících kardioprotektivních systémů a rostoucích chorobných procesů, které jsou úrodnou půdou pro rozvoj srdečního selhání (Strait a Lakatta, 2012). V České republice, tak jako i v jiných evropských zemích, je

onemocnění kardiovaskulárního aparátu jednou z nejčastějších příčin úmrtí (Holmerová a kol., 2014).

Kolagen a elastin poskytují sílu a pružnost arteriální stěně, ale při stárnutí dochází k navýšení kolagenu a roztržení elastinových vláken, což snižuje elasticitu cévní stěny a zvyšuje její tuhost (Holmerová a kol., 2014; Strait a Lakatta, 2012). Tepny se zvětšují a prodlužují, ale jelikož klesá jejich pružnost, hovoří se o tzv. pružníkové hypertenzi ve stáří. Diastolický tlak zůstává stejný, ale zvyšuje se hodnota systolického tlaku (Klevetová a Dlabalová, 2008). Kalvach a kol. (2004) odhadují, že až 2/3 populace nad 65 let má abnormální krevní tlak. Dle Topinkové (2005) prevalence hypertenze dosahuje 45-55 % u lidí nad 65 let a s věkem neustále stoupá.

Zhoršení kvality cév se označuje jako ateroskleróza. Je také nutné brát v potaz, že zúžení tepen v oblasti krční páteře způsobuje vyšší citlivost seniorů na záklony a může způsobit ortostatický kolaps (Hošková, 2012).

V srdci dochází k ubývání buněk srdeční svaloviny (kardiomyocytů) i kontraktálních buněčných elementů (Holmerová a kol., 2014). Na levé straně srdce dochází ke kalcifikaci, což snižuje výkonnost levé srdeční komory – srdce se plní krví pomaleji (Klevetová a Dlabalová, 2008; Strait a Lakatta, 2012). Srdeční chlopně ochabují a nedokáží se adaptovat na zvýšenou zátěž, což způsobuje dušnost člověka při zvýšené námaze. Převodní systém srdeční ve stáří pomalu zaniká (Klevetová a Dlabalová, 2008) a u osob nad 60 let je 10krát větší riziko fibrilace a arytmie síní (Strait a Lakatta, 2012). Fibrilace síní pak bývá častou příčinou embolických příhod (Holmerová a kol., 2014).

V prevenci kardiovaskulárních chorob by neměly chybět dostatek pohybové aktivity, kdy nejvíce doporučovaná je rychlá chůze, pestrá strava a přiměřená hydratace (Holmerová a kol., 2014; Kalvach a kol., 2004).

2.1.4.3 Změny respiračního systému

Změny dýchacího systému u starších osob se dějí ve všech jeho funkcích – ventilaci, difúzi a perfúzi. Důsledkem osteoporózy skeletu, ochablosti bránice a mezižeberních svalů je nižší elasticita hrudníku, pohyby hrudního koše jsou menší, a tím pádem se snižují dechové objemy (Holmerová a kol., 2012; Hošková, 2012; Klevetová a Dlabalová, 2008).

Fyziologické stárnutí plic je spojeno s dilatací alveolů, zvětšením vzdušných prostor, poklesem difúzní plochy a ztrátou podpůrné tkáně pro periferní dýchací cesty (Boss a Seegmiller, 1981; Hošková, 2012; Janssens, Pache a Nicod, 1999). U seniorů dochází taktéž ke zhoršení prokrvení v důsledku aterosklerotických změn (Hošková a kol., 2014). Podle Holmerové a kol. (2014) je snížena reakce na hypoxii a hyperkapnii.

Výše uvedené změny znamenají nižší toleranci zátěže a dřívější nástup dušnosti (Hošková a kol., 2012). Ne vždy dušnost musí být způsobena změnami v dýchacím systému. Zhoršená srdeční výkonost se taktéž může projevit dušností (Klevetová a Dlabalová, 2008).

Je známo, že senioři mají výrazný nárůst výskytu pneumonie, bakteriální i virové, ve srovnání s mladšími osobami. Ačkoli většina z toho může být způsobena obecnou depresí funkce imunitního systému, další specifické faktory mohou hrát roli (Boss a Seegmiller, 1981). Vlivem zmenšení množství a nekoordinace ciliárních buněk klesá výkonnost řasinkového epitelu, oslabuje se samočisticí schopnost respiračního systému a organismus je náchylnější k výskytu infekce (Holmerová a kol., 2014; Janssens, Pache a Nicod, 1999; Klevetová a Dlabalová, 2008).

2.1.4.4 Změny reprodukčního a vylučovacího systému

Funkce ledvin klesá u lidí po 40. roce života. Tento pokles souvisí i se strukturálními změnami ledvin (Kalvach a kol., 2004). Dochází k postupnému snižování objemu a hmotnosti ledvin. V devátém deceniu je velikost ledvin asi 70 % ve srovnání s třetím deceniem (Boss a Seegmiller, 1981). Je téměř nemožné odlišit, zdali funkční pokles ledvin je způsoben pouze involučními procesy, či ho ovlivňují i přidružené chorobné stavy (Kalvach a kol., 2004).

Ve vyšším věku klesá očišťovací a koncentrační schopnost ledvin (Kalvach a kol., 2004; Klevetová a Dlabalová, 2008; McLean a LeCouteur, 2004). Jak ale tvrdí Kalvach a kol. (2004), k poklesu glomerulární filtrace s věkem nemusí docházet u všech osob. Snižuje se schopnost zpětné resorbce sodíku, a proto mají starší lidé tendenci ke ztrátě soli a tekutin. Celkově poruchy vodního a elektrolytového hospodářství jsou běžné u osob vyššího věku.

Močová trubice postupně ztrácí elasticitu a také klesá síla svalových svěračů kolem ní (Klevetová a Dlabalová, 2008). I když inkontinence postihuje 15–30 % osob starších 60 let (Klevetová a Dlabalová, 2008), neměla by být považována za normální během

involuce. Vždy je nutné kvalitní vyšetření k objasnění příčiny (Hunskaar a kol., 2000; Klevetová a Dlabalová, 2008).

Z hlediska pohlavní soustavy dochází ke zbytnění prostaty u mužů a k poklesu dělohy u žen (Klevetová a Dlabalová, 2008). Následkem menopauzy je rychlejší pokles produkce pohlavních hormonů u žen než u mužů (Hošková, 2012).

2.1.4.5 Změny nervového systému

Během involuce nervového systému dochází jak ke změnám makroskopickým, tak mikroskopickým. Mozek atrofuje, klesá jeho hmotnost (Holmerová a kol., 2014; Kalvach a kol., 2004). Na druhou stranu hmotnost mozku je variabilní k hmotnosti jedince a kolísá nepravidelným vytékáním mozkomíšního moku (Kalvach a kol., 2004). Atrofie spojená s věkem je výraznější v bílé hmotě než v kůře mozkové. Patologicky je pozorován pokles myelinizovaných vláken (Abe a kol., 2002). Stáří provází kvantitativní změny neuronů – snižování počtu neuronů, ale i jejich kvalitativní změny – tak jako jiné tělesné buňky neurony degenerují, akumuluje se v jejich cytoplazmě lipofuscin (Kalvach a kol., 2004; Klevetová a Dlabalová, 2008) a probíhají biochemické změny, které zpomalují vedení vzruchů a tím se zpomaluje rychlost reakce (Hošková, 2012; Klevetová a Dlabalová, 2008).

Podle Hoškové (2012) se navíc zhoršuje paměť, pozornost, přizpůsobivost a hůře se vytváření nové stereotypy. Klevetová a Dlabalová (2008) dodávají, že u starších osob přibývají poruchy spánku, hlavně pak jeho délka a kvalita. Avšak pohybová a mentální aktivita tyto degenerativní procesy omezuje (Hošková, 2012).

Kalvach a kol. (2004) vyjmenovávají významné choroby nervového systému:

- vaskulární onemocnění mozku – vyplývají ze zhoršeného cévního zásobení mozku, ve vyspělých zemích jsou cerebrovaskulární příčiny úmrtí na 3. místě mezi ostatními chorobami
- Parkinsonova nemoc
- Alzheimerova nemoc
- Neuropatie
- Syndrom demence
- Poruchy afektivity
- Paranoidní stavy

2.1.4.6 Změny trávicího systému

V literatuře existuje řada zpráv o poruše funkce gastrointestinálního traktu během procesu stárnutí. Nicméně většina gastrointestinálních funkcí zůstává relativně neporušena z důvodu velké rezervní kapacity střeva, pankreatu a jater (Kalvach a kol., 2004; Russell, 1992). Klinicky výrazné změny zahrnují snížení prahu chuti, hypochlorhydrii v důsledku atrofické gastritidy, snížený průtok krve a velikost jater (Russell, 1992). Dle Schmuckera (2005) se během involuce velikost a objem jater snižují a také dochází k poklesu metabolismu některých léčiv.

Dále dochází ke snížení množství trávicích šťáv a výkonnosti slinivky břišní. Žlučník ztrácí na pružnosti a jeho vyprazdňovací funkce jsou omezeny. Snižuje se napětí svěrače a snížená svalová síla zapříčiňuje pokles tlustého střeva. To vše může vyústit do problémů, jako je dysfagie (porucha polykání), zácpa či inkontinence stolice (Holmerová a kol., 2014; Kalvach a kol., 2004; Klevetová a Dlabalová, 2008).

2.1.4.7 Změny na úrovni smyslových orgánů

Změn na úrovni smyslových orgánů je spousta, zhoršuje se funkce téměř u všech. Nejvýraznější změny jsou na úrovni zraku a sluchu (Holmerová a kol., 2014; Kalvach a kol., 2004; Klevetová a Dlabalová, 2008). U očních změn dochází ke ztenčování spojivky, zvětšení zakřivení rohovky, zhoršení ostrosti zraku a začíná se vyskytovat šedý zákal. Vyskytují se i degenerativní onemocnění, která zatím nejsou léčitelná. U sluchu nacházíme převodní či percepční poruchy sluchu (Kalvach a kol., 2004).

Dle Klevetové a Dlabalové (2008) ubývají proprioreceptory, termoreceptory, mechanoreceptory. Často proto mají osoby vyššího věku problém odhadnout vzdálenost či teplotu předmětů, z čehož pak plyne mnoho úrazů.

2.1.4.8 Kožní změny

U stárnutí kůže je nutné rozlišovat přirozené stárnutí způsobené involučními změnami a stárnutí zapříčiněné působením slunečního záření, tzv. aktinické stárnutí (Kalvach a kol., 2004). Jedná se o degenerativní proces, během kterého se tvoří vrásky, kůže atrofuje, ztrácí elasticitu a ubývá podkožní tuk (Holmerová a kol., 2014; Kalvach a kol., 2004; Klevetová a Dlabalová, 2008). Rozdíly mezi přirozeným stárnutím a aktinickým jsou zobrazeny v tabulce 5.

Tabulka 5: Rozdíly mezi přirozeným a aktinickým stárnutím kůže (Kalvach a kol., 2004)

Struktura	Stárnutí	
	věkem	aktinické
tloušťka kůže	snížená	zvýšená
buňky:		
fibroblasty	inaktivní	aktivní
zánětlivé buňky	obvykle chybí	zmnožené
mastocyty	ubývá	přibývá
kolagen:		
množství	klesá	klesá
rozpuštěnost	klesá	klesá
syntéza	klesá	neznámo
vlákna	ztluštění	bazofilní degenerace
elastin:		
množství	klesá po 70 roce věku	silně stoupá
vlákna	dezintegrace + degenerace	abnormální
mikrofibrily	ubývá	přibývá v časném stadiu poškození
glykosaminoglykany	klesá	stoupá
kožní cévy	ubývá	abnormálně dilatované
prevence	není známa	vitamin A a jeho deriváty

2.1.5 Psychické změny ve stáří

Jak již bylo výše zmíněno, involuční procesy nemají pouze biologický charakter, ale také psychický, kulturní a sociální. „Podle toho, jaké vytváří společnost podmínky pro rozvoj mysli a vědomí člověka, lze hodnotit kvalitu společnosti. Hodnotu každé společnosti určuje dosažená úroveň mysli a vědomí člověka“ (Sak a Kolesárová, 2012, s. 17).

Je těžké vystihnout osobností a psychologické rysy stárnoucího člověka, jelikož jsou ovlivněny okolními podmínkami (Čevela, Kalvach a Čeledová, 2012; Sýkorová, 2007). Senior se musí psychicky adaptovat na události jako jsou odchod do penze, ovdovění, pokles životní úrovně a prestiže, pokles výkonnosti a nástup zdravotních

problémů (Čevela, Kalvach a Čeledová, 2012). S rostoucím věkem mohou přibývat chronická onemocnění a z toho vyplývající zhoršená soběstačnost, což může uvést seniora do sociální izolace (Klevetová a Dlabalová, 2008). Pokud starší osoba není schopna adekvátní adaptace i běžné situace se mohou stát silnými stresory (Čevela, Kalvach a Čeledová, 2012).

Změny psychiky souvisí s úbytkem kognitivních schopností – paměti, myšlení, orientace, uvažování. Po 80. roce se zhoršují rozhodovací schopnosti a přibývají duševní onemocnění (Čevela, Kalvach a Čeledová, 2012; Klevetová a Dlabalová, 2008). Podle Slepíčky, Mudráka a Slepíčkové (2015) volnočasová pohybová aktivita pozitivně souvisí se schopností zvládat komplexní kognitivní úkoly.

Pro zhodnocení mentálních funkcí seniora se v České republice nejčastěji používají testy Krátká škála mentálního stavu (MMSE) a Škála deprese pro geriatrické pacienty (Topinková, 2005).

2.2 Tělesné složení

Jak je již výše uvedeno, v poslední době nabývá na významu měření tělesného složení. Dříve nám stačilo znát tělesnou výšku a hmotnost. I když i nyní zůstává velmi často využívaný BMI (body mass index), který pracuje pouze s tělesnou hmotností a výškou, snahou je podrobnější poznání jednotlivých složek organismu.

S narůstajícím počtem jedinců s nadváhou či obezitou je mezi širokou populací čím dál větší zájem o zjištění složení těla, zejména pak množství tukové tkáně. Proto je těmto otázkám věnována značná pozornost, a to nejen v odborném tisku, ale i v populárně sdělovacích prostředcích (Vilikus, Brandejský a Novotný, 2009).

Zdravotnické úřady konstatovaly, že nejspíše budeme čelit dramatickému nárůstu výskytu onemocněních souvisejících s životním stylem, jako je cukrovka (Meisiger a kol., 2006), metabolický syndrom (Mikkola a kol., 2007), arteriální hypertenze (Ford, Giles a Mogdad, 2004; Gregg a kol., 2004) a osteoartritida. Navíc, během posledních dvou dekad narůstá obezita u adolescentů a s tím je spojený pokles tělesné zdatnosti, což má negativní vliv na zdraví ve vyšším věku (Mattila a kol., 2007).

Nejen mezi sportovci, ale i mezi běžnou populací je tělesné složení indikátorem tělesné zdatnosti. Nadměrné množství tuku je považováno za nevyužívanou hmotu, jelikož tělo cvičence musí překonávat větší gravitaci během činnosti, což má za následek

vyšší energetické nároky na danou činnost a snížení výkonu (Malá a kol., 2011). Průběžné sledování tělesného složení nám může také napomoci zjistit chybné stravovací návyky a tím předejít případným negativním dopadům na zdraví (Fruth a kol., 2008).

Měření tělesného složení se provádí na nejrůznějších pracovištích: ve sportovní medicíně, v nemocnicích či na nutričních klinikách, v komerčních posilovnách nebo v jiných zařízeních souvisejících se zdravím (Doležal a kol., 2013).

Metod zjišťování tělesného složení je mnoho. Například analýzy tkáňových biopsií jsou již dlouho součástí lékařské praxe a významně přispěly k našim základním znalostem o fyziologii a metabolismu lidského těla (Snyder a kol., 1984). Nyní však existuje spousta metod *in vivo*, které se i nadále rozvíjejí. Nejčastěji využívanou je bioimpedanční metoda (BIA). Tento způsob měření je neinvazivní a relativně jednoduchý na obsluhu. Výsledky jsou reprodukovatelné a rychle získané (Kyle, 2004; Lee a kol., 2008). nelze také pominout fakt, že bioimpedanční metoda je finančně dostupná i pro běžnou populaci.

2.2.1 Modely tělesného složení

Lidské tělo je velmi složitý systém. Z tohoto důvodu existují různé modely v hodnocení tělesného složení. Úplně nejjednodušším přístupem je měření tělesné hmotnosti. Často slyšíme o ideální hmotnosti či se využívají tzv. hmotnostně – výškové indexy, např. BMI (Heller a Vodička, 2011). Avšak Heller a Vodička (2011) a Kyle a kol. (2003) se shodují, že tyto způsoby hodnocení nejsou příliš vhodné u sportujících jedinců, u nichž bývá více svalové hmoty než u běžné populace a tzv. „nadváha“ nemusí být způsoben nárůstem tukové hmoty (FM).

Další model je tzv. dvousložkový, tedy tuk a tukuprostá hmota (FFM), resp. tříložkový, který obsahuje tuk a FFM je pak rozdělena na další dvě složky. Dle Hellera a Vodičky (2011) se dělí na kostní hmotu a měkkou tukuprostou hmotu neboli podle Kennetha (2000) na pevnou složku jako jsou minerály a proteiny a na vodu.

Kenneth (2000) dále uvádí čtyř složkový model, ve kterém se FFM dělí na tři základní fyziologické složky, tj. celková buněčná hmota (BCM), mimobuněčná tekutina (ECW) a mimobuněčná pevná hmota (ECS). Bunc (2001) v tzv. molekulárním modelu rozděluje FFM na BCM a mimobuněčnou hmotu (ECM).

Průzkum literatury za posledních 50 let ukazuje, že existuje evoluční proces od základních dvousložkových modelů až po současné populární čtyř složkové modely

tělesného složení. Wang, Pierson a Heymsfield (1992) však shromáždili všechny tyto informace a předložili je jako komplexní pětistupňový model tělesného složení. Tento model, ilustrovaný na obrázku 2, se stal standardem pro výzkum tělesného složení. Pět úrovní je následujících: elementární, molekulární, buněčná, funkční a celotělová.

Současné modely složení těla a přehled metod používaných pro měření jednotlivých složek také shrnula Pařízková (1998).

a) Elementární model je založen na prvcích, které se vyskytují v těle. 98 % tělesné hmotnosti se skládá ze šesti prvků, tj. C, H, N, O, P a Ca. Zbývající 2 % jsou pokryta 44 dalšími prvky. Více než 96 % tělesné hmotnosti má čtyři prvky (kyslík, uhlík, vodík a dusík (Malá a kol., 2014). Příkladem metody založené na elementárním modelu je neutronová aktivační analýza.

b) Molekulární model. 11 hlavních prvků tvoří molekuly, které představují více než 100 000 chemických sloučenin tvořících lidské tělo. Lidské tělo se skládá ze šesti hlavních složek (voda, bílkoviny, lipidy, sacharidy, kostní minerály, měkká tkáň). Je možné měřit celkovou tělesnou vodu, tukuprostou hmotu, tukovou tkáň (např. Bioimpedanční metody) a hustotu kostí (DEXA).

c) Buněčný model. Spojení molekulárních složek do buněk je dalším stupněm vnímání lidského těla. Buněčná hmota je aktivní část energie, která metabolizuje lidské tělo a souvisí se svalovou hmotou. Mimobuněčná tekutina (složená z 94 % vody) je často pozorovaná složka tělesné kompozice. Dalšími složkami jsou extracelulární organické a anorganické pevné látky. Mimobuněčná tekutina a plazma mohou být měřeny metodami ředění izotopů (Pařízková, 1998) a mimobuněčné pevné látky zas neutronovou aktivační analýzou (Malá a kol., 2014).

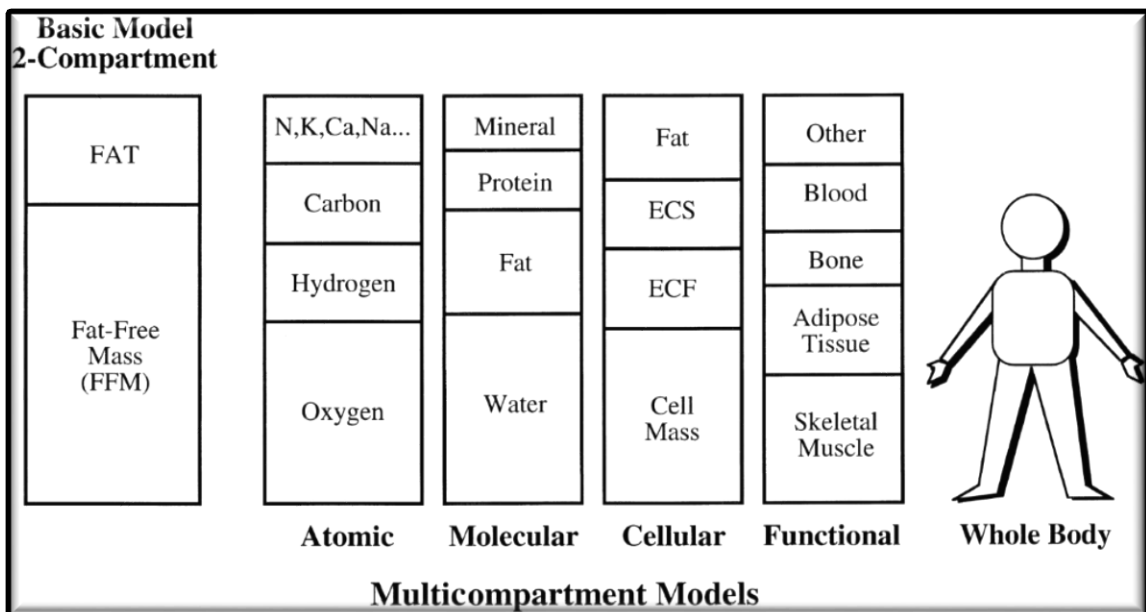
d) Funkční model. Komponenty buněčného modelu jsou dále organizovány do různých tkání, orgánů a systémů. 75 % tělesné hmotnosti je tvořeno třemi tkáněmi, tj. kostní, svalovou a tukovou hmotou. Tělesná hmotnost se rovná součtu systémů hybného, kožního, nervového, kardiovaskulárního, dýchacího, trávicího, vylučovacího a reprodukčního. Pro pozorování těchto složek existuje pouze několik *in vivo* metod, například počítačová tomografie (Kvist a kol., 1988), magnetická rezonance či stanovení svalové hmoty 24 hodinovým měřením exkrece kreatininu (Wang, 1996).

e) Model celého těla. Pro monitorování modelu celého těla se provádějí antropometrická měření jednotlivých ukazatelů, jako je výška těla, tělesná hmotnost,

BMI, obvodová měření, délka a šířka segmentů těla a tělesný objem, které umožňují výpočet hustoty lidského těla a nepřímý odhad tukové a tukuprosté hmoty (Wang, 1996).

Kromě výše zmíněných modelů tělesného složení také existuje model anatomický: tuk, svalová hmota, kosti, orgány, reziduum, event. model chemický: voda, minerály, proteiny, tuk, sacharidy (Heller a Vodička, 2011).

Obrázek 2: Základní dvousložkový a pětisložkový model tělesného složení (Kenneth, 2000)



2.2.2 Složky organismu

2.2.2.1 Tělesná voda

Vnitřní prostředí organismu je tvořeno vodním roztokem organických a anorganických látek. Procentuální zastoupení vody v lidském těle se výrazně mění s věkem a u dospělých se liší také podle pohlaví (tabulka 6). Podíl vody v těle taktéž závisí na množství tukové tkáně, čím je více FM, tím menší podíl tělesné hmotnosti připadá na vodu (Kittnar, 2011).

Celková tělesná voda (TBW) je obsažena ve dvou hlavních složkách: v mimobuněčné tekutině a ve vnitrobuněčné (ICW). ICW je voda obsažená v buňkách a

tvoří přibližně 40 % hmotnosti. Mimobuněčné tekutiny je asi 20 % z celkové hmotnosti a tvoří ji dvě složky (Bartůňková, 2006; Kittnar, 2011).

Podle Kittnara (2011) je ECW složena z intersticiální tekutiny (tkáňového moku) a intravaskulární tekutiny (plazmy). Intersticiální tekutina obklopuje buňky různých tkání a představuje 75 % ECW, což činí asi 15 % z celkové tělesné hmotnosti. Intravaskulární tekutina se vyskytuje uvnitř cév krevního oběhu a tvoří zbylých 25 % ECW, tedy 5 % tělesné hmotnosti.

Distribuce tělesné vody mezi vnitrobuněčnou a mimobuněčnou složku má klinický význam u osob obézních, kriticky nemocných, podvyživených a u osob s abnormální hydratací. Například u obezity je mimobuněčný prostor proporcionálně rozšířen více než vnitrobuněčný, což vede ke zvýšení ECW-TBW poměru (Segal a kol., 1991).

Tabulka 6: Celková tělesná voda a její rozložení do vnitrobuněčné a mimobuněčné složky v závislosti na věku (Kittnar, 2011)

věk	pohlaví	TBW (%)	ECW (%)	ICW (%)
novorozenec	-	79,0	44,0	35,0
1-3 měsíce	-	72,0	32,0	40,0
2-3 roky	-	63,5	26,7	36,8
3-5 let	-	62,0	21,0	41,0
5-10 let	-	61,5	22,0	39,5
10-16 let	-	58,0	19,0	39,0
20-30 let	muži	58,0	19,0	39,0
	ženy	51,0	17,0	34,0
40-50 let	muži	54,0	18,0	36,0
	ženy	47,0	15,5	31,5
60-70 let	muži	49,0	16,0	33,0
	ženy	47,0	15,5	31,5
nad 80 let	muži	48,0	16,0	32,0
	ženy	48,0	16,0	32,0

2.2.2.2 Tuková tkáň

Tuková tkáň se z histologického i morfologického hlediska řadí mezi pojivovou tkáň (Albright a Stern, 1998; Hainer a kol, 2004).

U savců, tudíž i u lidí, existují dva typy tukové tkáně. Hnědá tuková tkáň vyskytující se převážně u novorozenců a rychle klesající po prvním roce života, plní funkci netřesové termoregulace. Jelikož buňky tohoto typu mají vysoký počet cytochromů a mitochondrií, ale nízkou aktivitu ATP-syntázy, oxidací glukózy nevzniká ATP, ale teplo (Albright a Stern, 1998; Luellmann-Rauch, 2012; Mullerová a Rohm, 2009).

Druhým typem je bílá tuková tkáň. Nejdůležitější součástí této tkáně jsou vlastní tukové buňky, adipocyty. Ty syntetizují tuky a ukládají je v podobě jedné velké tukové kapky či v několika menších (Hainer, 2011). Na stavbě tukové tkáně se kromě adipocytů podílejí i další buňky, jako jsou preadipocyty (nediferencované adipocyty, potencionální zdroje adipocytů), fibroblasty, endotelie, myocyty, monocyty a lymfocyty (Hainer, 2011; Wozniak a kol., 2009). Z metabolického hlediska se rozlišují dva typy bílé tukové tkáně. Podkožní, sloužící převážně jako tepelná izolace organismu a zdroj energie při hladovění a plnicí metabolické a endokrinní funkce. Viscerální, tedy tuková tkáň obalující orgány, je metabolicky aktivnější a je rizikovější pro výskyt kardiovaskulárních chorob (Hainer, 2011).

Složení tukové tkáně se mění v závislosti na nutričním stavu. Při změnách nutričního stavu se mění velikost i metabolické vlastnosti adipocytů. Obézní jedinci mají větší objem tukových buněk, než štíhlí, což je způsobeno hromaděním obsahu lipidů. Zvětšením objemu adipocytů je ovlivněn i jejich metabolismus, snižuje se citlivost na inzulin a zvyšuje se produkce prozánětlivých faktorů (Hainer, 2011; Škop a kol., 2009).

Produkty z adipocytů a ostatních buněk tukové tkáně, adipocytokiny, se podílejí na regulaci příjmu potravy, glukózového a lipidového metabolismu, ovlivňují hemokoagulaci, inzulinovou senzitivitu, imunitní a další homeostatické pochody (Hainer, 2011; Škop a kol., 2009). Podle Bartůňkové a kol. (2013) se adipocytokiny dají zjednodušeně rozdělit na ty, které podporují působení inzulinu (leptin, adiponektin) a na ty, které potlačují činnost inzulinu (tumor necrosis faktor- α , rezistin, interleukin-6).

Až do počátku 90. let 20. století byla tuková tkáň považována za pasivní orgán plnící funkci zásobárny energie, tepelného izolátoru a mechanické ochrany. Avšak dnes je již všeobecně známo, že tuková tkáň je aktivní sekreční orgán plnící, kromě výše zmíněných, funkce: endokrinní, místo ukládání lipofilních toxinů a léků, přeměna některých hormonálních prekurzorů na aktivní hormony (Hainer, 2011; Smitka, 2011). Tuková tkáň se dále podílí na pocitu sytosti a může vyvolat inzulinovou rezistenci (Smitka, 2011).

Endokrinní úlohu tukové tkáně a funkce jejích hlavních produktů rozebírala ve své bakalářské práci Miklíková (2013).

V dnešní době mnoho osob trpí nadváhou či obezitou, i když je prokázáno, že správnou životosprávou a pravidelnou (min. 3x týdně) aerobní pohybovou aktivitou lze snížit procentuální zastoupení tělesného tuku (% BF) a dostat se na normální hmotnost či se na ní dlouhodobě udržet (Rosenkilde a kol., 2012; Willis a kol., 2012). Klasifikace nadváhy a obezity podle % BF je zobrazena v tabulce 2.

Tabulka 7: Klasifikace obezity a nadváhy pomocí % BF platné pro dospělé a seniory (Bunc a Skalská, 2011)

klasifikace	% BF
podváha	<16,0
normální hmotnost	16,1 - 23,0
nadváha	23,1 - 28,0
obezita	28,1 a více

2.2.2.3 Tukuprostá hmota

Tukuprostá hmota, jak již název napovídá, je vše, co není tělesným tukem (Kyle, 2004). FFM lze vyjádřit rovnicí: $FFM = BCM + ECM$ (Bunc, 2001).

BCM charakterizuje metabolicky aktivní hmotu, tedy sumu buněk schopných využívat kyslík, buněk bohatých na kalcium a buněk schopných oxidovat cukry (Bunc a kol., 2000; Bunc, 2001; Heller a Vodička, 2011; Kyle a kol., 2004). Stanovení BCM je

rozhodující pro posouzení předpokladů pro pohybovou zátěž, jelikož BCM je přímo odpovědná za svalovou práci (Bunc a kol., 2000; Bunc, 2001).

ECM není metabolicky aktivní, je to v podstatě tukuprostá hmota mimo buňky (Heller a Vodička, 2011). ECM je tvořena mimobuněčnou tekutinou a mimobuněčnými pevnými látkami (Bunc a kol., 2000; Kenneth, 2000).

Pro hodnocení předpokladů u osob s různou tělesnou hmotností se využívá poměru ECM/BCM. Obecně platí, že čím větší je zastoupení BCM v tělesné hmotnosti, tím nižší je poměr ECM/BCM a tím lepší jsou předpoklady pro pohybovou zátěž (Bunc, 2001; Heller a Vodička, 2011).

Poměr ECM/BCM je zčásti geneticky podmíněný, ale dá se ovlivnit i pravidelnou pohybovou aktivitou. Bunc (2006), který sledoval změny tělesného složení u vysoce trénovaných fotbalistů v průběhu jednoho roku, zaznamenal významný pokles koeficientu ECM/BCM již po jednom týdnu tréninku zaměřeném na ovlivnění svalové hmoty. Pokud ovšem tento trénink nebyl zařazen, byl pozorován nárůst poměru ECM/BCM ve stejném časovém úseku.

Jak se liší průměrné hodnoty poměru ECM/BCM u různých druhů sportů a u osob bez pravidelné pohybové aktivity jsou patrné z tabulky 8.

Tab. 8: Průměrné hodnoty koeficientu ECM/BCM pro různé sporty a osoby bez pravidelného pohybového tréninku stejného věku (Bunc a Skalská, 2011)

	Muži	Ženy
Hokej	0,58 ± 0,03	0,69 ± 0,04
Sprint	0,62 ± 0,02	0,67 ± 0,02
Fotbal	0,64 ± 0,04	0,70 ± 0,04
Lyže běh	0,67 ± 0,03	0,70 ± 0,04
Biatlon	0,68 ± 0,03	0,71 ± 0,03
Tenis	0,70 ± 0,05	0,74 ± 0,06
Vytrvalci	0,71 ± 0,03	0,75 ± 0,04
Plavání	0,72 ± 0,04	0,76 ± 0,04
Netrénovaní	0,76 ± 0,05	0,80 ± 0,05

2.2.3 Tělesné složení a stáří

Z pohledu tělesného složení je asi nejtypičtějším znakem stárnutí změna hmotnosti, převážně pak změna v poměru tukuprosté hmoty a tělesného tuku. S narůstajícím věkem klesá množství tukuprosté hmoty, avšak největší vliv na změnu FFM nemá věk ani úroveň pohybové aktivity, ale změna v tělesné hmotnosti (Bemben a kol., 1995; Hughes a kol., 2002; Newman a kol., 2005). I když senioři, kteří zůstávají pohybově aktivní mají i nadále sklony k poklesu tukuprosté hmoty (Hughes a kol., 2002), pohybová aktivita (PA) je velmi důležitá ke zpomalení ztráty FFM a k omezení nárůstu FM.

Ve stáří klesá i celková buněčná hmota (tabulka 9), k čemuž dochází v souvislosti s poklesem tukuprosté hmoty (Goodpaster a kol., 2006).

Taktéž nárůst tělesného tuku je považován za charakteristický znak stárnutí, avšak podle Hughese a kol. (2002) toto tvrzení zcela neplatí u žen ve velmi vysokém věku. Naopak ve studii Shumeia a kol. (1999) u žen po menopauze byl zaznamenán vysoký nárůst tukové hmoty a procenta tuku.

Se změnou poměru FFM a FM u seniorů souvisí i změna v průběhu některých nemocí a změna účinnosti podávaných farmak. Toto se děje z důvodu zmnožení depotních míst (tukové tkáně) v organismu. Navýšení tělesného tuku na úkor tukuprosté hmoty negativně ovlivňuje jedince a okolí a má za následek zhoršení kvality života (Bouchard 2000).

Dochází taktéž k redistribuci tuku, u mužů do oblasti hrudníku a břicha, u žen do oblasti boků a stehen (Bouchard 2000; Pařízková, 1998).

S narůstajícím věkem klesá procento celkové tělesné vody, mimobuněčné i vnitrobuněčné tekutiny (tabulka 6). Výjimkou jsou ženy nad 60 let, u kterých pokles stagnuje a nad 80 let se dokonce nepatrně procento TBW, ECW i ICW zvyšuje (Kittnar, 2011).

Množství tělesné vody se dá ovlivnit pohybovou aktivitou. U seniorek navštěvující Univerzitu 3. věku na Fakultě tělesné kultury v Olomouci byl zaznamenán, po předchozím šestiměsíčním cvičebním programu ve formě čínského cvičení Chuej čchun kung, nárůst nejen FFM a BCM, ale i ICW a TBW, a to jak v litrech, tak v procentech (Riegerová a kol., 2008).

Tabulka 9: Průměrné hodnoty jednotlivých složek těla v závislosti na věku (Kenneth, 2000)

Věkové skupiny	BMI, kg/m ²	TBW, l	ICW, l	ECW, l	ECW/TBW	BCM, kg	FFM, kg
<i>Muži</i>							
20–29	24,1	45,4	27,6	17,8	0,39	3,5	62,6
30–39	24,3	39,7	24,7	14,9	0,38	30,9	55,7
40–49	25,2	43,2	25,1	18,1	0,42	31,4	57,7
50–59	26,5	43,7	23,3	20,9	0,47	29,1	56,5
60–69	25,8	39,7	23,1	16,5	0,42	28,9	53,3
70–79	26,5	41,6	19,9	21,6	0,52	24,9	50,2
<i>Ženy</i>							
20–29	22,1	31,1	16,9	14,2	0,46	21,1	43,4
30–39	22,7	32,0	17,8	14,2	0,44	22,2	44,1
40–49	24,9	30,5	16,2	14,3	0,47	20,2	41,4
50–59	25,6	30,9	16,0	14,9	0,48	20,0	40,5
60–69	25,4	27,6	13,5	14,0	0,51	16,9	35,8
70–79	24,5	25,7	12,5	13,3	0,52	15,6	33,5

2.3 Tělesná zdatnost

Tělesná aktivita, cvičení a tělesná zdatnost jsou pojmy, které popisují odlišné koncepty, nicméně jsou často vzájemně zaměňovány. Tělesná aktivita je definována jako jakýkoli tělesný pohyb vyvolaný kosterními svaly, který vede k výdaji energie. Cvičení je podmnožina tělesné aktivity, která je plánovaná, strukturovaná a opakovaná a má jako konečný či přechodný cíl zlepšení či udržení tělesné zdatnosti (Caspersen, Powel a Christenson, 1985). Zdatnost jedince odpovídá jeho biologickému věku, trénovanosti a zdravotnímu stavu (Pastucha, 2014). Existuje mnoho možností, jak zdatnost definovat.

Podle Hendla a Dobrého (2011) je obecná zdatnost chápána jako „celostní, fenotypově podmíněný, kvalitativně i kvantitativně odstupňovaný znak člověka, do jehož biologické, psychologické a sociální podstaty se promítá jeho limitní potenciál a kapacita regulačních a adaptačních mechanismů. Podstatnou kvalitu zdatnosti ovlivňuje imunitní systém.“

Jiní autoři (Dobšák a kol., 2009; Novotná, Čechovská a Bunc, 2006) popisují obecnou zdatnost jako schopnost optimálně reagovat na vlivy daného prostředí, či jako připravenost organismu konat práci.

Novotná, Čechovská a Bunc (2009) pak obecnou zdatnost dělí do čtyř složek:

- Tělesná (fyzická) zdatnost
- Mentální (intelektuální) zdatnost
- Emocionální zdatnost
- Sociální zdatnost

Většina autorů (Dobšák a kol., 2009; Hendl a Dobrý, 2011; Máček a Radvanský, 2011; Novotná, Čechovská a Bunc, 2006; Pastucha, 2014) definuje tělesnou zdatnost jako způsobilost organismu odolávat vnějšímu stresu a optimální adaptace na pohybovou činnost a na vlivy zevního prostředí, jako je teplo, chlad, hypoxie, únava atd.

Dobšák a kol. (2009) dělí tělesnou zdatnost na fyziologickou a motorickou. Fyziologická zdatnost se pak dělí na složky: morfologická, neuroendokrinní, svalová, kardiorepirační, metabolická a psychická. Motorická zdatnost obsahuje složky jako je pohyblivost, rovnováha, koordinace a rychlost.

V současnosti přestává být tělesná zdatnost brána pouze jako výkonová kategorie, ale vystupuje do popředí její zdravotně orientovaná složka (Novotná, Čechovská a Bunc, 2006). Komponenty zdravotně orientované zdatnosti jsou zobrazeny v tabulce 10. Hodnocení její úrovně se posuzuje většinou pomocí jejích jednotlivých komponent. Většina autorů řadí mezi základní komponenty: tělesné složení, aerobní zdatnost, svalovou sílu a svalovou vytrvalost a flexibilitu (Bunc, 1995; Novotná, Čechovská a Bunc, 2006).

Tabulka 10: Komponenty zdravotně orientované zdatnosti (Kovář, 2001 in Kabešová, 2011)

Morfologická komponenta	Svalová komponenta	motorická komponenta	kardiorespirační komponenta	metabolická komponenta
relativní svalová hmotnost	explozivní síla	flexibilita	submaximální pracovní kapacita	glukózová tolerance
složení těla	maximální síla	rovnováha	maximální aerobní kapacita	citlivost na inzulin
rozložení podkožního tuku	vytrvalost	koordinace	oběhová funkce	krevní lipidy a lipoproteiny
hustota kostí		rychlost	ventilační funkce	charakteristika oxidace substrátů
			krevní tlak	

2.3.1 Aerobní zdatnost a srdeční frekvence

Aerobní zdatnost, též nazývána kardiovaskulární či kardiorespirační zdatnost, charakterizuje výkonnost srdečně cévního systému, případně dýchacího ústrojí (Novotná, Čechovská a Bunc, 2006). Jde o schopnost přijímat, transportovat a využívat kyslík (Tupý, 2005).

K testování aerobní zdatnosti se používá celá řada metod. Přímé stanovení VO_{2max} se provádí laboratorními zátěžovými testy – maximální test na běhacím či bicyklovém ergometru (Bartůňková, 2013). Je možné využít i nepřímých laboratorních zátěžových testů, jako je například step test, test W170 nebo Křížův test (Bartůňková, 2013; Tupý, 2005). Terénní testy jsou sice méně přesné, ale pro širokou veřejnost dostupnější. Patří mezi ně: Cooperův 12min běh, Balkeho 15min test, testy chůze na 2km nebo na 1600m, Légerův člunkový běh, Bouchard-Légerův test či plavání na 300m či jízda 5000m na kole při frekvenci šlapání 90-110 otáček/min (Bartůňková, 2013; Novotná, Čechovská a Bunc, 2006; Tupý, 2005).

Srdeční frekvence (SF) patří mezi základní ukazatele srdeční činnosti a je nejčastěji používaným funkčním ukazatelem v zátěžové diagnostice. Je to z důvodu snadné

měřitelnosti a interpretaci výsledků (Bartůňková, 2013; Dobšák a kol., 2009; Máček a Radvanský, 2011). Zachovává si toto výsadní postavení i přes řadu ovlivňujících faktorů (tabulka 11), jako jsou: denní kolísání, dědičnost, druh fyzického zatížení, emoce, tělesná teplota i teplota prostředí, trávení, únava, okolní atmosférický nebo hydrostatický tlak, hormony, léky a další (Bartůňková, 2013; Pastucha, 2014).

Tabulka 11: Faktory ovlivňující srdeční frekvenci při zatížení (Bartůňková, 2013)

	klid	standardní zátěž
<i>Teplota (50 % vlhkost)</i>		
21 C	60	160
35 C	60	190
<i>Vlhkost (21 C)</i>		
50 %	60	165
90 %	65	175
<i>Hluk (21 C, 50 % vlhkost)</i>		
malý	60	165
velký	70	165
<i>Příjem potravy (21 C, 50 % vlhkost)</i>		
malé jídlo 3 h před cvičením	60	165
velké jídlo 30 min před cvičením	70	175

I přes výše zmíněné je srdeční frekvence spolehlivou veličinou pro posuzování zatížení kardiovaskulárního systému. Reaguje velmi rychle na zatížení svalstva, nejcitlivější reakci má pak na zvýšení intenzity a odporu (Neumann, Pfutzner a Hottenrott, 2005). Podle výzkumu Esposito a kol. (2004) srdeční frekvence účinně odráží aerobní metabolické nároky.

Reaktivní změny ukazatelů srdeční činnosti se nedějí pouze během fyzické aktivity, ale již předstartovní a startovní stavy připravují organismus na výkon. Návrat k výchozím hodnotám je vyjádřením trénovanosti (Bartůňková, 2013). Bartůňková (2013), Dobšák a kol. (2009) a Neumann, Pfutzner a Hottenrott (2005) popisují tři fáze změn srdeční frekvence v souvislosti s fyzickým zatížením:

- Úvodní fáze – předchází vlastnímu fyzickému výkonu. V závislosti na nadcházející aktivitě se může zvyšovat o 20-40 tepů/min. Zvýšení je nervového nebo hormonálního původu – adrenalin a noradrenalin.
- Průvodní fáze – v iniciální části této fáze (10–30 s) SF rychle stoupá, následuje její pozvolnější růst (1-3 min) až se SF dostane do rovnovážné neboli homeostatické části (steady-state). Vztah mezi intenzitou zátěže a srdeční frekvencí je lineární až do hodnoty anaerobního prahu.
- Následná, zotavovací fáze – představuje návrat k výchozím hodnotám. Křivka SF nejdříve prudce klesá a poté (3-5 min) se snižuje pozvolněji.

Bartůňková (2013) dodává, že jsou pozorovány rozdílné křivky SF při zatížení u vagotonika a sympatikotonika. Vagotonik má nižší klidové, zátěžové i pozátěžové hodnoty SF. Podobně je tomu u vytrvalostně trénovaných osob (reakce obdobná jako u vagotonika) a netrénovaných.

Pravidelným, převážně pak vytrvalostním, tréninkem dochází k funkčním adaptačním změnám. Začne se zvyšovat aktivita parasymptatiku a klesat sympatiku. Po 4-6 týdnech se adaptační procesy projeví poklesem SF cca o 12-15 tepů/min při stejné zátěži. Nízké hodnoty SF mohou mít i genetickou příčinu, ale nižší klidová SF bývá typická pro trénované jedince. Naopak maximální hodnoty SF jsou více ovlivněny věkem než tréninkem (Bartůňková, 2013; Máček a Radvanský, 2011). Jak adaptovaní, tak osoby se sedavým životním stylem mají lineární vzestup SF při stoupající intenzitě zátěže, ale rozdíl je ve strmosti vzestupu. U trénovaných je vzestup pomalejší (Máček a Radvanský, 2011).

2.3.2 Tělesná zdatnost ve stáří

Organismus člověka podléhá involučním změnám a tím je jeho pohyb limitován. Dochází ke snížení svalového tonu, svalové síly a k omezenému kloubnímu rozsahu. Existuje také větší riziko termoregulačních poruch. Významná je i zhoršující se kapacita a efektivita všech funkčních systémů, zejména kardiorepiračního systému. Zhoršena je i

schopnost regenerace a odpověď řídicích systémů na různé stresové vlivy (Pastucha, 2014).

Během involuce postupně klesá celkový výdej energie, Snižují se všechny složky energetického výdeje včetně bazálního a klidového metabolismu. Funkční kapacita klesne ze svého vrcholu do stáří asi o 30 %. I když vytrvalostní schopnosti se zhoršují nejpomaleji ze všech, schopnost podávat aerobní výkony s věkem klesá. Tento fakt zapříčiňuje trvalý pokles hodnoty maximální spotřeby kyslíku VO_{2max} . Ročně klesá cca o 0,5 až 1,0 % (Kalvach a kol., 2004; Máček a Radvanský, 2011).

Nedostatek pohybu u starších osob vede ke strukturálním i funkčním změnám v organismu. Nejvíce pozorujeme degradaci svalové hmoty, úbytek tukuprosté hmoty a vzrůstání podílu tělesného tuku při současné ztrátě hmotnosti (Bouchard, 2000). Bouchard (2000) také tvrdí, že úbytek tukuprosté hmoty vede ke snížení celkové tělesné zdatnosti. Goodpater a kol. (2006) doplňují, že i když si senioři zachovají či dokonce nabydou tukuprostou hmotu, nejsou schopni zabránit ztrátě síly, čímž dochází k závěru, že pokles svalové síly ve stáří není vysvětlen ztrátou svalové hmoty samotné.

I přes to, že každý člověk má svůj přibližný výkonnostní strop a že s narůstajícím věkem dochází ke snižování pohybové aktivity, tak každý senior potřebuje přiměřenou úroveň tělesné zdatnosti. Vyšší tělesná zdatnost (Kalvach a kol., 2004; Máček a Radvanský, 2011):

- Bez obtíží a únavy umožňuje zvládat každodenní aktivity
- Zvyšuje odolnost vůči tělesné námaze, což je výhodou například při zdravotnických zásazích
- Přispívá ke zvyšování svalové síly, a tudíž ke snížení rizika pádů
- Snižuje rizika vzniku různých onemocnění
- Udržuje psychickou rovnováhu a zvyšuje možnost společenského uplatnění

3 Cíle a úkoly

3.1 Cíl práce

Cílem této práce je objasnění vztahu mezi jednotlivými složkami lidského organismu (tukuprostou hmotou, poměrem mimobuněčné a celkové buněčné hmoty, procentem tělesného tuku, celkovou tělesnou vodou, extracelulární tekutinou a intracelulární tekutinou) a aerobní zdatností u seniorů, měřené chodeckým testem na 2 km.

3.2 Vědecké otázky

V mé práci se analyzuje vztah mezi výsledky v chodeckém testu na 2 km a vybranými složkami tělesného složení jako jsou tukuprostá hmota, poměr mimobuněčné a celkové buněčné hmoty, procento tuku, celková tělesná voda, extracelulární tekutina a intracelulární tekutina. Proto jsme stanovili následující vědecké otázky:

- 1) Bude prokázán vztah mezi výsledky v chodeckém testu na 2 km a vybranými parametry organismu?
- 2) Které parametry tělesného složení jsou nejsilnějšími prediktory aerobní zdatnosti u seniorů?
- 3) Jsou studentky Univerzity 3. věku na UK FTVS zdatnějšími seniory, než je stejně stará část populace České republiky?

3.3 Úkoly práce

1. Studium literatury
2. Realizace měření.
3. Shromáždění dat z testů.
4. Zpracování dat.
5. Vyhodnocení naměřených výsledků.

4 Metodika výzkumu

4.1 Výzkumný soubor

Výzkumu se zúčastnilo 54 studentek U3V na FTVS UK. Věk testovaných byl (průměr ± směrodatná odchylka) $64,76 \pm 2,71$ let, tělesná výška $163,23 \pm 6,05$ cm. Všechny probandky měly vyjádření od lékaře o schopnosti test absolvovat. Původní vzorek testovaných byl 91 probandů, ale museli jsme vyloučit seniory užívající léky ovlivňující srdeční frekvenci a seniory nad 70 let, jelikož chodecký test dle Stejskala (2004) je validní pro populaci od 20 do 70 let.

Výzkum byl proveden v rámci výuky U3V na UK FTVS. Všechny účastnice svým podpisem souhlasily se zpracováním získaných dat.

4.2 Realizace měření

Chodecký test se uskutečnil ve dvou testovacích dnech, vždy ve stejnou denní dobu a za příznivého počasí. Testování byli rozcvičeni a poučeni: „Jděte, jak nejrychleji umíte (nesmíte běžet), avšak neriskujte své zdraví. Používejte normálního způsobu chůze, jděte ustáleným tempem (zrychlení v závěru negativně ovlivní výsledek).“ Testování vycházeli po 30 s intervalech.

Měření tělesného složení se taktéž uskutečnilo ve dvou testovacích dnech, vždy ve stejnou denní dobu. Z organizačního hlediska však měření tělesného složení probíhalo v jiných dnech než chodecký test.

4.3 Použité přístroje a metody

Pro zajištění konstantních podmínek se uskutečnilo měření v laboratoři sportovní motoriky a na atletickém hřišti UK FTVS.

4.3.1 Chodecký test na 2 km

Pro zjištění aerobní zdatnosti, vzhledem k věku probandů, byl zvolen chodecký test na 2 km s vyhodnocením dle Stejskala (2004). Jedná se o terénní test aerobní zdatnosti vhodný pro osoby ve věku 20-70 let, jejichž zdravotní stav dovoluje rychlou chůzi. Pro osoby mimo uvedený věk, ve výjimečné kondici nebo pro ty, které užívají léky ovlivňující srdeční frekvenci dává tento test zkreslené výsledky.

Srdeční frekvence a čas byly snímány sporttestery (Polar S 610i). Naměřené sekundy se do vzorce převáděly na setiny minuty.

Pro výpočet Indexu zdatnosti byly v laboratoři sportovní motoriky FTVS UK naměřeny potřebné údaje (výška, hmotnost a věk). Index zdatnosti je hodnocen body a vypočítáván podle vzorce (Stejskal, 2004):

Muži:

$$IZ (body) = 420 - (dosažený\ čas\ v\ min. * 11,6) - (SF / 0,56) - (BMI * 2,6) + (věk\ v\ rocích * 0,2)$$

Ženy:

$$IZ (body) = 304 - (dosažený\ čas\ v\ min. * 8,5) - (SF / 0,32) - (BMI * 1,1) + (věk\ v\ rocích * 0,4)$$

Tabulka 12: Kategorizace zdatnosti podle Stejskala (2004)

kategorie zdatnosti	index zdatnosti (body)
vysoce nadprůměrný	více než 130
nadprůměrný	111 - 130
průměrný	90 - 110
podprůměrný	70 - 89
vysoce podprůměrný	méně než 70

Hodnota IZ 100 bodů představuje průměrnou aerobní kapacitu stejně starých osob stejného pohlaví, rozsah 10 bodů kolem průměru určuje rozložení normálních hodnot IZ. Nejdůležitějším údajem pro výpočet IZ je trvání testu – jednominutový rozdíl v chybném měření má za následek přibližně 10 bodů rozdílu. Chyby, kterých se můžeme dopustit při měření srdeční frekvence, vážení tělesné hmotnosti či měření tělesné výšky, mají na výpočet IZ menší vliv (Stejskal, 2004).

4.3.2 Bioimpedanční analýza

Před samotným měřením složení těla byla probandům změřena aktuální tělesná hmotnost pomocí elektronické váhy s přesností na 0,1 kg (Soehnle ©, Germany) a tělesná výška s přesností na 0,1 cm za pomoci antropometru.

Měření složení těla bylo realizováno na multifrekvenčním bioimpedančním analyzátoru BIA 2000M (Data Input, Darmstadt, Německo), který měří celkovou impedanci na frekvencích 1, 5, 50 a 100 kHz za pomoci tetrapolární konfigurace elektrod (Segal a kol., 1991).

Princip metodiky multifrekvenční bioimpedanční analýzy spočívá na odlišných elektrických vlastnostech tkání, tukové hmoty a převážně pak tělesné vody (Heller a Vodička, 2011). FFM, která obsahuje vysoký podíl vody a elektrolytů, představuje dobrý vodič proudu. Na druhou stranu FM se chová jako izolant a špatný vodič. Proud o nízké frekvenci cca 1 – 5 kHz neproniká do vnitrobuněčného prostoru, proto lze jím měřit pouze ECW. Naopak proud o vysoké frekvenci 50 až 1000 kHz proniká i přes buněčnou membránu a lze jím měřit ECW a ICW, resp. TBW (Heller a Vodička, 2011; Kyle a kol., 2004; Lukaski a kol., 1985). Na základě regresních rovnic lze pak z hodnot impedance vypočítat TBW, ECW, ICW, FFM, %BF, ECM/BCM (Heller a Vodička, 2011).

4.4 Analýza dat

Jedná se o observační druh práce, který má kvantitativní charakter. Pro výzkum jsme využili průřezovou studii (tzv. cross – sectional study).

V prvním kroku jsme u získaných dat ověřovali jejich normalitu za pomoci Kolmogorov-Smornova testu a Shapiro-Wilkova testu. U námi vybraných složek organismu, kromě ECM/BCM, se jednalo o normální rozložení dat, ale u chodeckého tesu na 2 km byla zamítnuta hypotéza o normalitě rozdělení, a proto jsme s tímto faktem počítali při další statistické analýze. Podle dosažených bodů jsme probandky rozdělili do jednotlivých kategorií dle indexu zdatnosti. Vytvořili jsme bodové grafy, ve kterých byl jako závisle proměnná použit Index zdatnosti chodeckého testu na 2 km tak, aby bylo možno posoudit linearitu a homoskedasticitu vztahu mezi aerobní zdatností (IZ) a jednotlivými nezávislými proměnnými (% BF, ECM/BCM, TBW, ICW, ECW a FFM). Následně byl vypočítán Spearmanův korelační koeficient pro všechny proměnné. Pro vytvoření generalizovaného lineárního modelu jsme vybrali pouze nezávisle proměnné, které spolu navzájem příliš nekorelovali. Použili jsme model pro gama distribuci s chodeckým testem dle Stejskala jako závisle proměnnou, jelikož dle histogramu závisle proměnná vykazovala gama charakter. Byl vypočítán nestandardizovaný koeficient B a jeho exp (B) byl vypočítán pro posouzení síly účinku nezávisle proměnné. Nestandardizovaný koeficient B nám říká o kolik se změní závisle proměnná veličina,

zvětší-li se nezávisle proměnná o jednu jednotku, sílu tohoto vztahu lze posoudit z exp (B).

Statistické výpočty a vyhodnocení významnosti výsledků jsme uskutečnili pomocí statistického programu IBM SPSS Statistics 22. Statistická významnost byla stanovena $p < 0,05$.

4.5 Rozsah platnosti

Vzhledem k tomu, že výběr souboru nebyl náhodný, probandky byly získány pouze z řad účastníků Univerzity 3. věku na UK FTVS a velikost souboru je relativně malá, mají zjištěné výsledky omezenou platnost. Pro další potvrzení výsledků naší studie a zvýšení její platnosti by bylo zapotřebí měření znovu opakovat, a to u stejného množství a druhu probandů.

5 Výsledky

Studie se zúčastnilo 54 studentek Univerzity 3. věku na UK FTVS ve věku od 60 do 70 let. V tabulce 12 jsou zobrazeny základní deskriptivní údaje. Mezi tyto údaje patří průměrné hodnoty věku, tělesné výšky, tělesné hmotnosti, času trvání chodeckého testu, srdeční frekvence, které jsme použili ve vzorci pro vypočítání bodů indexu zdatnosti a pro následnou kategorizaci zdatnosti. Dále jsou zobrazeny průměrné hodnoty vybraných složek organismu jako jsou poměr mimobuněčné a celkové buněčné hmoty, procento tuku, extracelulární tekutina v litrech, intracelulární tekutina v litrech, celková tělesná voda v litrech a tukuprostá hmota v kilogramech.

Hodnoty FFM, TBW, ICW i ECW u námi měřeného souboru jsou pro tuto věkovou skupinu nadprůměrné, což je možné porovnat v tabulce 6. Průměrná hodnota % BF se u souboru řadí do kategorie obezity.

Tabulka 13: Základní deskriptivní údaje sledovaného souboru

Kategorie (N = 54)	Průměr	Směrodatná odchylka
Věk (r)	64,76	2,71
Výška (cm)	163,23	6,05
Hmotnost (kg)	67,96	9,7
ECM/BCM	1,04	0,16
BF (%)	28,16	6,34
ECW (l)	14,36	2,26
ICW (l)	21,1	0,8
TBW (l)	35,43	2,9
FFM (kg)	48,4	4,1
Čas (min)	18,35	1,59
SF (tep/min)	142,65	17,41
IZ (body)	100,4	12,05

Pro zjištění normálního rozložení dat jsme použili statistické testy Kolmogorov-Smirnov a Shapiro-Wilk. Jak je patrné z následující tabulky 14, normální distribuce byla ověřena u procenta tuku, extracelulární a intracelulární tekutiny, celkové tělesné vody a tukuprosté hmoty. Normální rozdělení dat se neprokázalo u poměru mimobuněčné a celkové buněčné hmoty a u indexu zdatnosti chodeckého testu na 2 km.

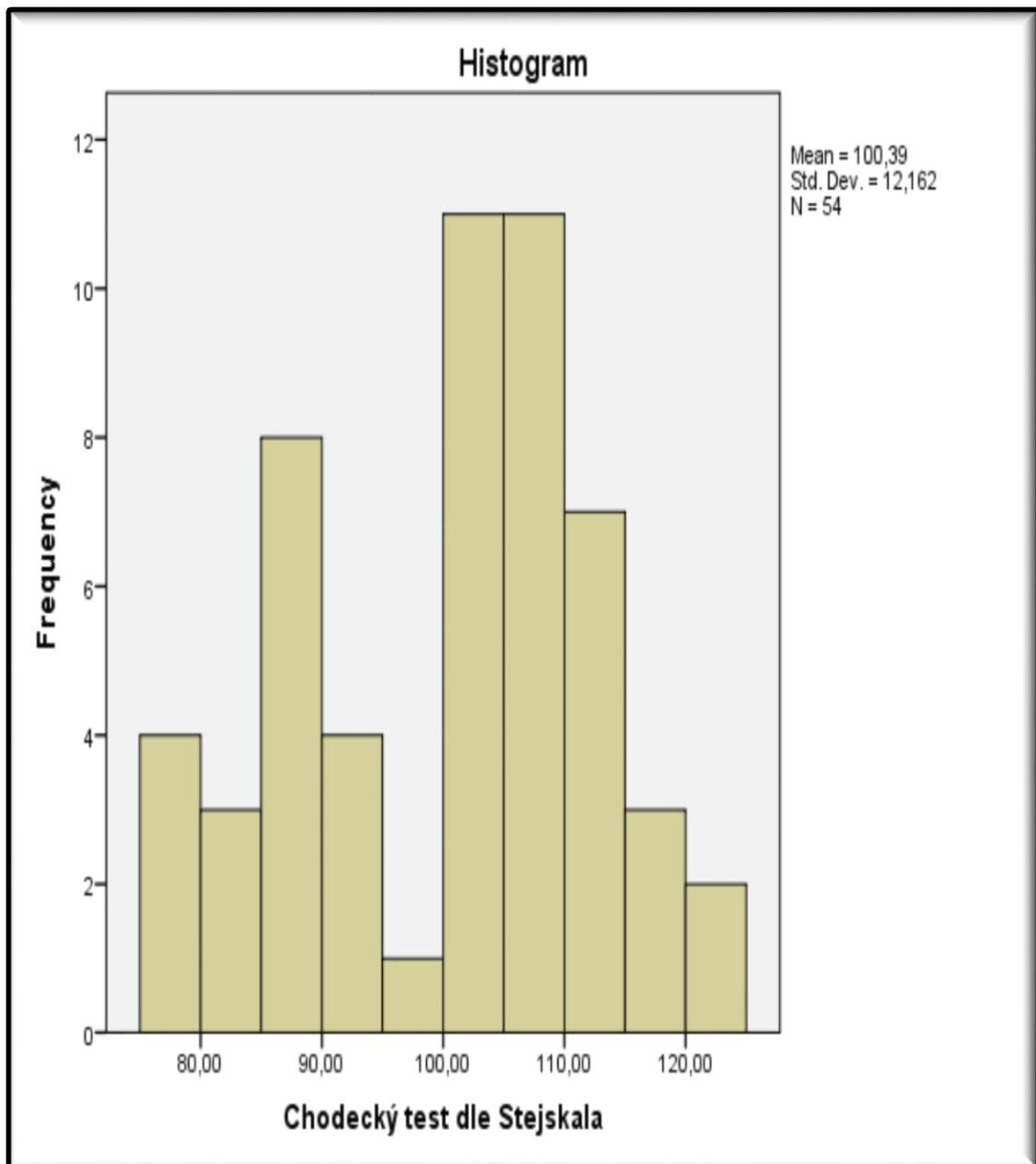
Tabulka 14: Testy normality rozdělení u jednotlivých proměnných

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ECM/BCM	,184	54	,000	,841	54	,000
BF %	,099	54	,200*	,968	54	,158
ECW (l)	,086	54	,200*	,961	54	,073
ICW (l)	,101	54	,200*	,972	54	,235
TBW (l)	,101	54	,200*	,962	54	,083
FFM (kg)	,096	54	,200*	,962	54	,084
IZ (body)	,129	54	,025	,951	54	,028

Poznámka: df (direction finding) = četnost; Sig. (signifikance) = p = nejmenší hladina významnosti

Na následujícím histogramu (obrázek 3) je zobrazeno rozdělení proměnné indexu zdatnosti. Velmi dobře je patrná gama distribuce u této proměnné, a proto jsme zamítli normalitu rozložení dat.

Obrázek 3: Histogram rozložení četnosti proměnné: index zdatnosti (chodecký test)



Spearmanův korelační koeficient jsme využili pro zjištění vzájemného vztahu jednotlivých proměnných. Jak je možné vidět v tabulce 15 nejvíce s indexem zdatnosti koreluje procento tělesného tuku (-0,36) a to nepřímo úměrně ($p < 0,01$). Na bodových grafech zobrazených níže (obrázek 4 – 9) je patrné, že není lineární vztah mezi nezávisle proměnnými a závisle proměnnou IZ s výjimkou procenta tuku. Koeficienty determinance (r^2) nejsou s největší pravděpodobností, vzhledem k rozložení dat, zcela přesné. Tyto koeficienty jsou velmi nízké a pohybují se v rozmezí 0,007 (ICW) až 0,123 (% BF).

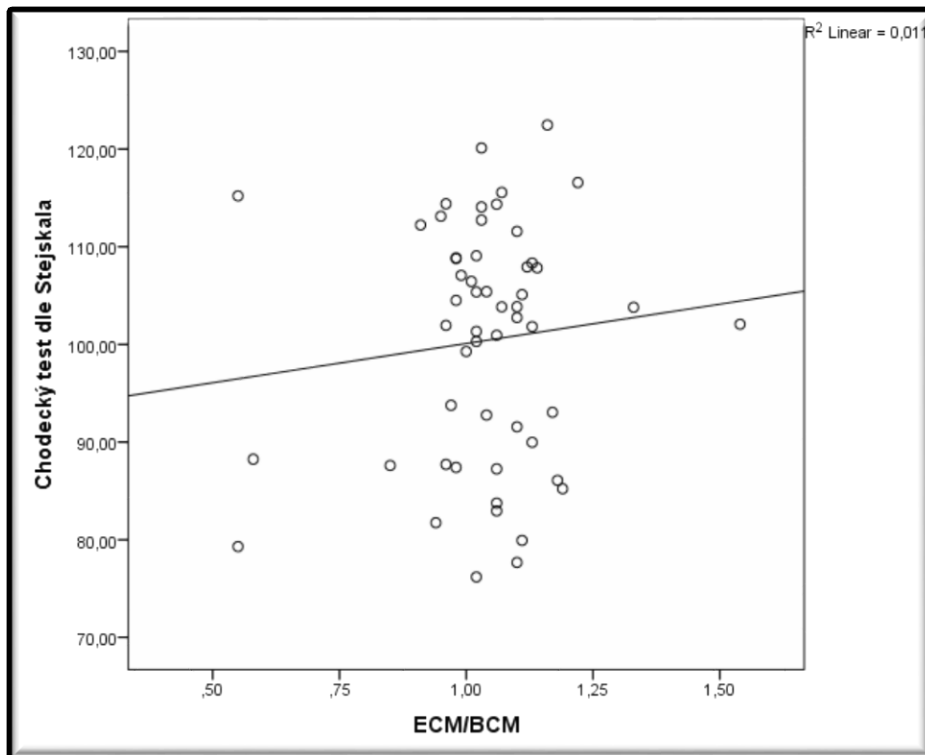
Z tabulky 15 je zřejmá vysoká vzájemná multikolinearita mezi některými nezávisle proměnnými. Taktéž se prokázala statisticky významná korelace pouze mezi indexem zdatnosti a procentem tuku. Z tohoto důvodu jsme do regresního modelu zařadili pouze proměnnou % BF.

Tabulka 15: Korelace mezi jednotlivými proměnnými

			ECM/BCM	BF (%)	ECW (l)	ICW (l)	TBW (l)	FFM (kg)	IZ (body)
Spearman's rho	ECM/BCM	Correlaton c.	1,000	,081	,093	-,091	,056	,054	,006
		Sig.	.	,561	,505	,511	,689	,699	,966
		N	54	54	54	54	54	54	54
BF (%)	Correlation c.	Correlation c.	,081	1,000	,465**	,126	,376**	,375**	-,358**
		Sig.	,561	.	,000	,366	,005	,005	,008
		N	54	54	54	54	54	54	54
ECW (l)	Correlation c.	Correlation c.	,093	,465**	1,000	,894**	,991**	,990**	-,241
		Sig.	,505	,000	.	,000	,000	,000	,080
		N	54	54	54	54	54	54	54
ICW (l)	Correlation c.	Correlation c.	-,091	,126	,894**	1,000	,937**	,938**	-,067
		Sig.	,511	,366	,000	.	,000	,000	,629
		N	54	54	54	54	54	54	54
TBW (l)	Correlation c.	Correlation c.	,056	,376**	,991**	,937**	1,000	1,000**	-,207
		Sig.	,689	,005	,000	,000	.	,000	,134
		N	54	54	54	54	54	54	54
FFM (kg)	Correlation c.	Correlation c.	,054	,375**	,990**	,938**	1,000**	1,000	-,205
		Sig.	,699	,005	,000	,000	,000	.	,138
		N	54	54	54	54	54	54	54
IZ (body)	Correlation c.	Correlation c.	,006	,358**	-,241	-,067	-,207	-,205	1,000
		Sig.	,966	,008	,080	,629	,134	,138	.
		N	54	54	54	54	54	54	54

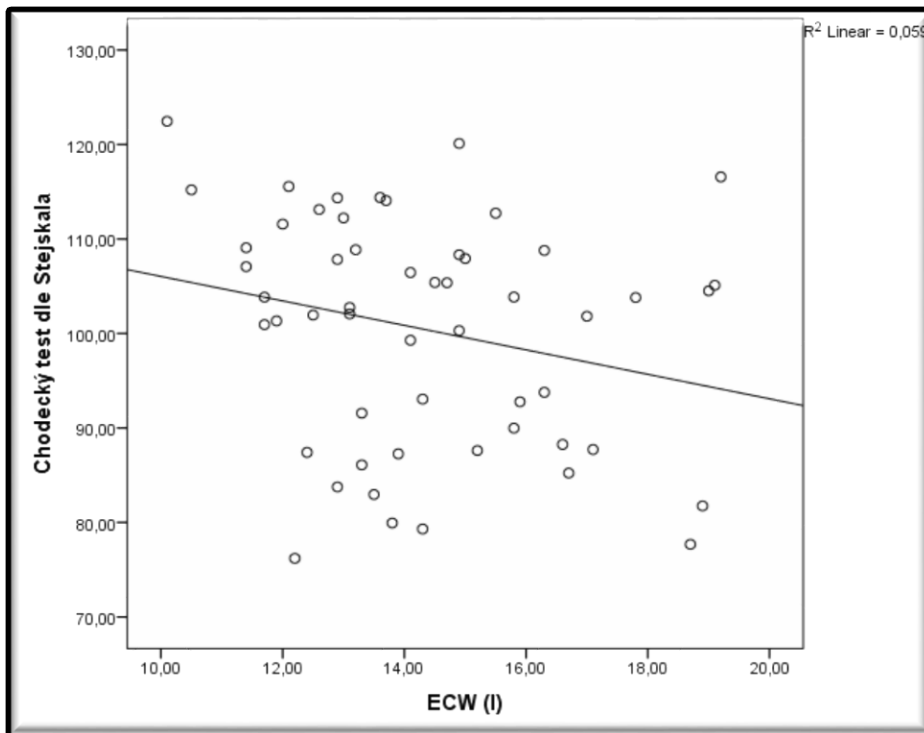
**Korelace je statisticky významná při $p < 0,01$

Obrázek 4: Bodový graf závislosti IZ na ECM/BCM



I když proložená přímka v bodovém grafu závislosti IZ na ECM/BCM (obrázek 4) má mírně vzestupnou tendenci, což by naznačovalo přímo úměrný vztah, je zřejmé, že se nejedná o lineární vztah. Body jsou velmi rozptýleny od proložené přímky.

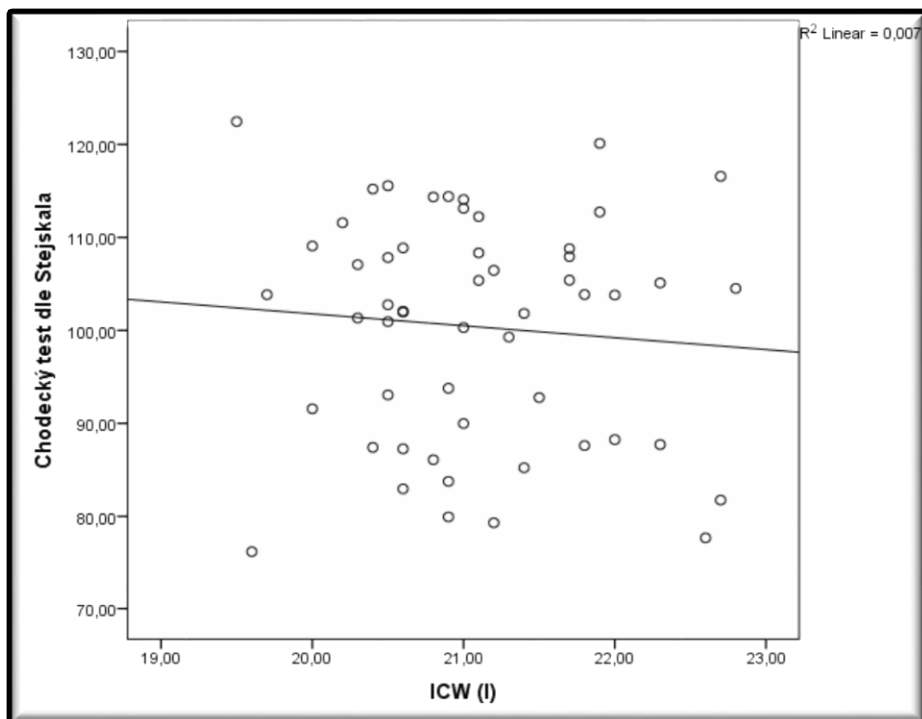
Obrázek 5: Bodový graf závislosti IZ na ECW



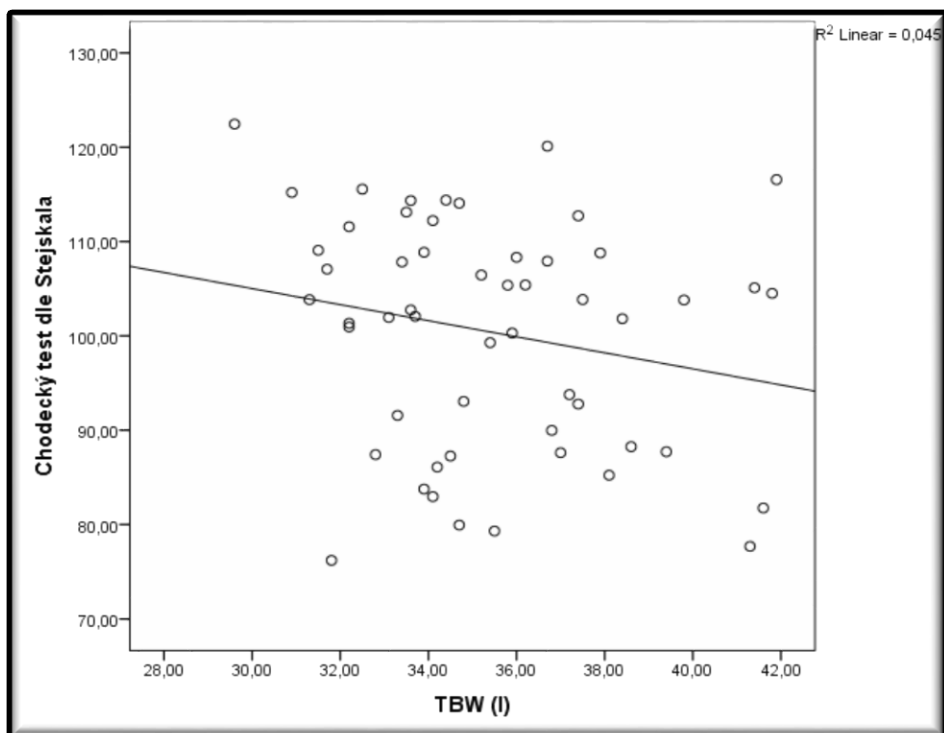
Na obrázku 5, kde je zobrazen bodový graf závislosti IZ na ECW, je patrná jistá nepřímo úměrná tendence. S vyšším množstvím extracelulární tekutiny, klesá výkon v chodeckém testu na 2 km. I tento vztah ale není statisticky významný ($p = 0,08$).

Na následujících třech bodových grafech (obrázek 6-8) je patrný velký rozptyl bodů od přímky, a i když proložená přímka má vždy klesající charakter (nepřímá úměra), korelační koeficienty jsou velmi nízké a nejedná se o lineární závislost mezi závisle proměnnou IZ a nezávisle proměnnými ICW, TBW a FFM.

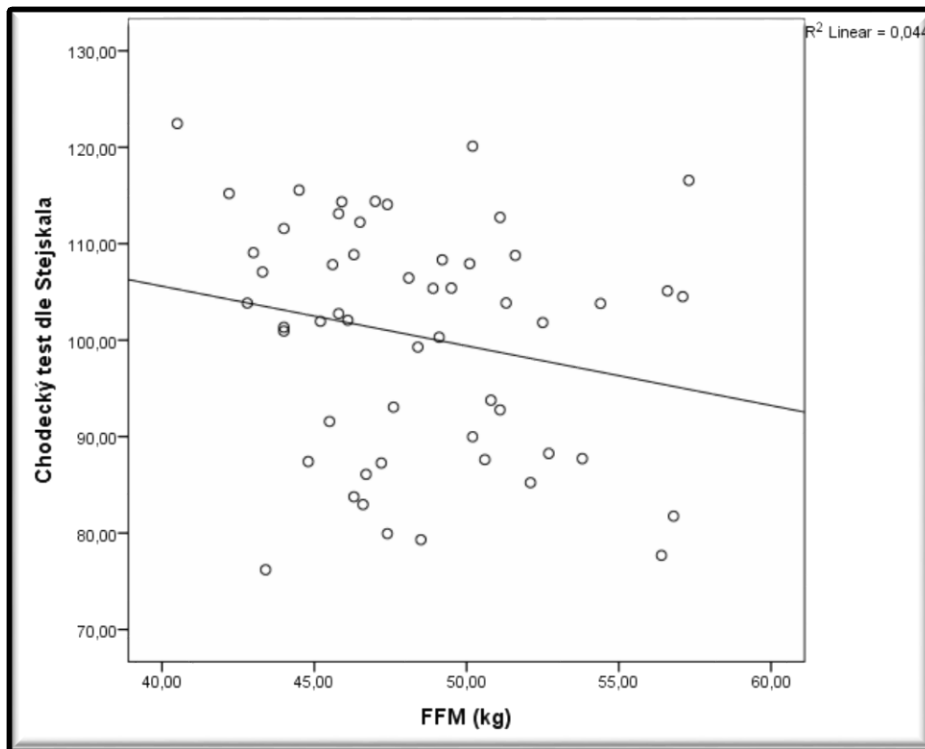
Obrázek 6: Bodový graf závislosti IZ na ICW



Obrázek 7: Bodový graf závislosti IZ na TBW

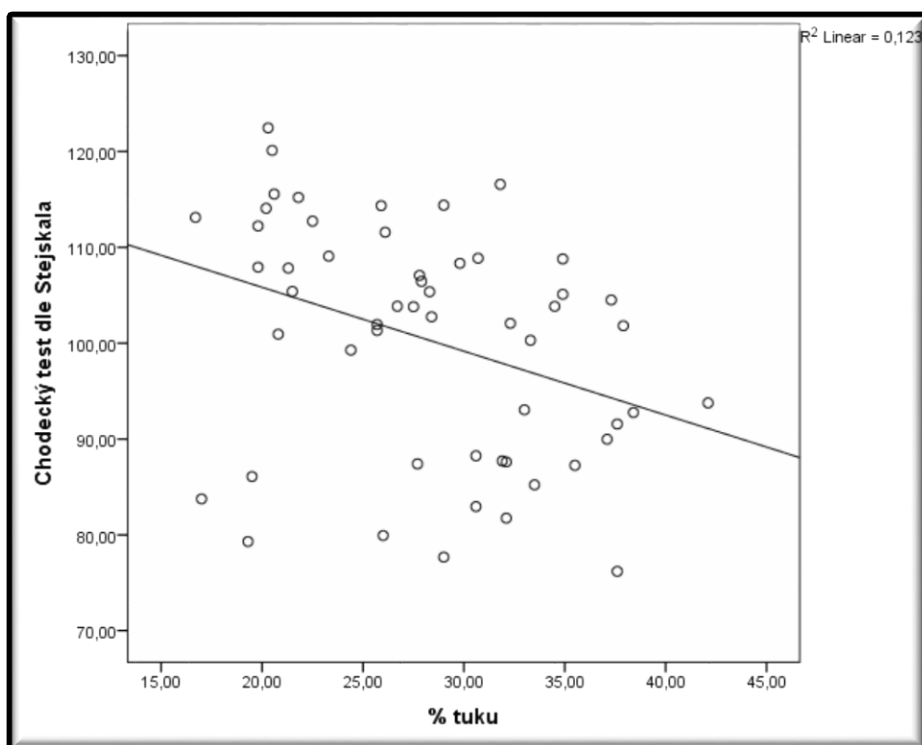


Obrázek 8: Bodový graf závislosti IZ na FFM



Z obrázku 9 vyplývá nepřímo úměrný vztah procenta tuku a indexu zdatnosti. S rostoucím množstvím procenta tuku klesá index zdatnosti u chodeckého testu. Neboli jinak řečeno, čím vyšší je procento tělesného tuku, tím menší je výkonnost v chodeckém testu na 2 km.

Obrázek 9: Bodový graf závislosti IZ na % BF



Z regresního modelu (tabulka 16) je zřejmé, že procento tělesného tuku statisticky významně ovlivňuje výsledky chodeckého testu, a tedy i aerobní zdatnost seniorů. Snížení IZ v chodeckém testu na 2 km při jednotkovém zvýšení % BF je však velmi malé (změna pouze o 0,007 bodu).

Tabulka 16: Generalizovaný regresní model s IZ jako závisle proměnnou

Parameter	B	Std. Error	Hypothesis Test			Exp(B)
			Wald Chi-Square	df	Sig.	
BF (%)	-,007	,0025	7,342	1	,007	,993

Další oblast sledování našeho výzkumu je zaměřena na zařazení studentek do jednotlivých kategorií zdatnosti dle výsledků absolvovaného chodeckého testu na 2 km. Na základě vypočteného bodového hodnocení indexu zdatnosti byly testované rozděleny do jednotlivých kategorií zdatnosti. Ani jedna seniorka nebyla zařazena do kategorie vysoce nadprůměrných či vysoce podprůměrných. Průměrných hodnot dosáhlo nejvíce testovaných - 28 osob (51,85 %), podprůměrné výsledky byly nalezeny u 14 osob (25,93 %) a podobný počet osob (12) byl i v kategorii nadprůměrných, zastoupen 22,22 %.

Průměrný čas chodeckého testu souboru činil 18,35 minut. Nejlepšího času dosáhla seniorka ve věku 63 let. Chodecký test absolvovala v čase 15,58 min. Naopak nejhoršího času dosáhla 65letá seniorka, a to v čase 22,07 min.

Tabulka 17: Dosažené výsledky chodeckého testu hodnoceného dle Stejskala (2004)

Kategorie zdatnosti	Průměrný věk	počet osob	zastoupení v %
vysoce nadprůměrný	x	x	x
nadprůměrný	65	12	22,22
průměrný	64,14	28	51,85
podprůměrný	65,79	14	25,93
vysoce podprůměrný	x	x	x
Celkem	64,76	54	100

Obrázek 3: Graf procentuálního zastoupení testovaných v jednotlivých kategoriích zdatnosti



6 Diskuze

V naší studii bylo hlavním záměrem objasnit vztah mezi vybranými indikátory tělesného složení a aerobní zdatnosti u seniorů. Dále nás zajímalo, jaké parametry tělesného složení jsou nejsilnějším indikátorem aerobní zdatnosti. A v neposlední řadě jsme se zaměřili na kategorizaci výsledků v chodeckém testu a ověření, zdali jsou studenti Univerzity 3. věku UK FTVS zdatnějšími seniory než stejně stará populace České republiky.

Je všeobecně známo, že tělesné složení je indikátorem tělesné zdatnosti. Podle Malé a kol. (2011) přebytečné množství tuku zvyšuje energetické nároky a snižuje výkon. Segal. a kol. (1991) zas tvrdí, že vyšší poměr mimobuněčné tekutiny a vnitrobuněčné tekutiny může být známka zdravotních obtíží, případně se často vyskytuje u obezity, což je patrné i z korelace mezi % BF a ECW ($p < 0,01$) v našem souboru. Podle Bunce (2006) poměr mimobuněčné a vnitrobuněčné hmoty značí kvalitu svalu a převážně silovou zdatnost.

Z důvodů nenalezení zcela stejné studie jsme pro porovnání výsledků vycházeli ze studie Mattily a kol. (2007). Cílem jejich studie bylo zjistit tělesné složení zdravých mladých mužů a prověřit, zda existuje souvislost mezi složením těla a tělesnou zdatností. Pro měření tělesného složení použili metodu DEXA a aerobní zdatnost zjišťovali 12-min. během. Byl nalezen vztah mezi procentem tělesného tuku a výkonem ve 12-min. běhu. Podle nich je DEXA měření procenta tělesného tuku vhodným nástrojem pro nepřímé posouzení běžeckého výkonu. Taktéž zvýšená tuková hmota a zvýšené procento tuku jsou silným prediktorem nižší tělesné zdatnosti ($p < 0,001$). Naopak vztah mezi tukuprostou hmotou a tělesnou zdatností nebyl prokázán.

I když jsme využili jinou metodu pro měření tělesného složení, jiný test aerobní zdatnosti a věk probandů v jejich a v naší studii je značně rozdílný, ve výsledcích se shodujeme. V naší studii byl nalezen taktéž vztah s aerobní zdatností měřenou chodeckým testem na 2 km pouze u % BF ($p < 0,05$). Dle výše uvedených výsledků je však změna ve výkonu v chodeckém testu velmi malá při nárůstu % BF.

Jelikož mezi některými nezávisle proměnnými byla velmi velká multikolinearita (FFM, ECW, ICW, TBW a FFM), vybrali jsme si jednu zástupnou proměnnou, a to tukuprostou hmotu. Podle Boucharda (2000) dochází ve stáří k úbytku tukuprosté hmoty, což snižuje celkovou tělesnou zdatnost. Z toho by mohlo vyplývat, že s vyšším FFM bude

lepší výkon v našem chodeckém testu na 2 km, a tudíž lepší aerobní zdatnost. Na druhou stranu, podle Goodpastera a kol. (2006) udržení si či dokonce zvýšení FFM ve vyšším věku nemusí nutně vést ke zvýšení svalové síly a celkové kvality svalu, což by mohlo vysvětlovat námi nenalezený vztah mezi IZ a FFM.

Česák (2014) ještě k problematice měření FFM pomocí BIA dodává, že se dopočítávání FFM u BIA metody měření tělesného složení ukazuje být „nejslabším“ článkem. Dle Bunce a kol. (2000) nepřesnosti vznikají chybou vlastního měřícího zařízení (1,5 %), stavem hydratace jedince (2-4 %), svodem mezi měřeným subjektem a zemí (1-2 %) i typem a umístěním elektrod.

U ECM/BCM jsme taktéž nenalezli vztah s IZ. Tento fakt může být vysvětlen tím, že dle Bunce (2006) poměr mimobuněčné a celkové buněčné hmoty ukazuje více na silovou zdatnost než na aerobní, jelikož je dán geneticky a zčásti se dá ovlivnit pohybovou aktivitou zaměřenou na silová cvičení.

Pro měření tělesného složení jsme vybrali BIA metodu, jelikož je finančně nenáročná, rychlá a relativně jednoduchá na obsluhu. I přes správné umístění elektrod, mohlo dojít ke zkreslení výsledků, jelikož jsme nemohli dodržet doporučení pro použití BIA. Podle Přidalové (2005) by se nemělo jíst a pít po dobu 4-5 hodin před testem, cvičit po dobu 12 hodin před testem a neměl by být požit alkohol po dobu 24 hodin před testem. Vzhledem k vyššímu věku měřených a k přihlédnutí k zdravotními hledisku, jsme nechtěli zakazovat pít a jíst po tak dlouhou dobu před testem.

Dalším předmětem zkoumání v naší studii bylo zjištění, zdali jsou studentky Univerzity 3. věku na UK FTVS zdatnějšími seniory než stejně stará část populace České republiky. Předpokládali jsme, že senioři, kteří se hlásí na studijní program „Teorie a praxe v tělovýchově seniorů“ jsou zdatnějšími jedinci než zbylá část populace, jelikož v nabízeném programu je více jak 50 % praktické výuky.

Z výše uvedených výsledků chodeckého testu na 2 km, ale vyplývá, že námi měřené studentky spadají do „průměrně zdatných seniorů“ (IZ je u 42/54 průměrný či podprůměrný a pouze u 12/54 nadprůměrný). Na druhou stranu ani jedna ze studentek nebyla dle výsledků z chodeckého testu zařazena do vysoce podprůměrných či naopak vysoce nadprůměrných seniorů.

Budeme-li předpokládat, že běžná populace dosáhne průměrných hodnot IZ v rozmezí 90 až 110 bodů (Stejskal, 2004) a vypočítáme-li hodnotu statistického průměru

(103,28) a mediánu (100,39) IZ celého souboru, je zřejmé, že zdatnost testované skupiny spadá do kategorie průměrných.

Naše výsledky se rozcházejí s výsledky studie Prajerové, Štefla a Hráského (2016), kteří taktéž měřili zdatnost seniorů univerzity 3. věku na UK FTVS. V jejich studii se studenti tohoto oboru jeví jako „převážně zdatnější senioři“ a to s IZ celého souboru 109,87 (průměr) a 112,22 (medián). Rozdílnost našich výsledků může být způsobena více faktory. Zprvé, námi měřený soubor obsahoval mnohem méně probandů, než v jejich studii (54 námi měřených, 210 studentů v jejich studii). Věk souboru v naší a výše zmíněné studii byl téměř stejný. V naší studii průměrný věk činil 64,76 let, ve studii Prajerové, Štefla a Hráského (2016) 64,96 let. Tělesné složení jsme zkoumali pouze my, jediný indikátor tělesného složení již zmíněné studie je BMI, které mělo hodnotu 25,07, oproti BMI našeho souboru (25,51). Hodnoty si jsou velmi podobné, proto věk ani BMI souboru jsme neshledali jako příčinu rozdílnosti výsledků.

Další, a pro nás zásadnější, je rozdíl v genderovém složení souboru. Studie Prajerové, Štefla a Hráského (2016) zahrnovala jak muže, tak ženy, v naší studii byly testované pouze ženy, což mohlo hrát roli v motivaci dosažení nejlepšího výkonu. Jak je z předchozích studií známo (Gneezy, Leonard a List, 2009; Niederle, Segal a Vesterlund, 2013; Vugt, Degremer a Janssen, 2007) muži jsou více soutěživější než ženy a ve výše zmíněné studii Prajerové, Štefla a Hráského (2016) soubor obsahoval i muže. Tento fakt mohl zvýšit celkový IZ jejich souboru. My jsme se snažili zabránit kooperaci žen startovními intervaly po 30 s., i přesto jsme pozorovali u některých shlukování do skupinek, ve kterých si testované navzájem povídaly, což mohlo vést k nižším individuálním výkonům v chodeckém testu, a tedy i celkovému nižšímu IZ.

Jelikož jsme v naší studii pomocí dotazníků nezjišťovali předchozí pohybovou aktivitu, další příčinou rozdílnosti výsledků studií může být nižší zastoupení studentů s předchozí pravidelnou pohybovou aktivitou než ve studii Prajerové, Štefla a Hráského (2016).

7 Závěr

Hlavním cílem této práce bylo zjistit aerobní zdatnost studentek Univerzity 3. věku na UK FTVS a prověřit, zda existuje souvislost mezi složením těla a aerobní zdatností.

Výzkum probíhal v průběhu výuky U3V na UK FTVS v laboratoři sportovní motoriky a na atletickém stadionu UK FTVS. Z původního souboru 91 studentů jsme museli vyloučit osoby nad 70 let a seniory užívající léky ovlivňující srdeční frekvence. Pro vyhodnocení výsledků jsme měli 54 seniorek ve věkovém rozmezí 60-70 let. Seniorkám bylo měřeno tělesné složení pomocí bioimpedanční metody. Aerobní zdatnost byla měřena chodeckým testem na 2 km, čas a srdeční frekvence byly snímány sporttesterem (Polar S 610i). Výsledky z chodeckého testu byly dosazeny do rovnice a vypočítán index zdatnosti.

Námi měřené studentky spadají do „průměrně zdatných seniorů“. Vztah mezi aerobní zdatností – IZ a tělesném složením byl prokázán pouze u procenta tělesného tuku. Taktéž procento tělesného tuku v naší studii je nejsilnějším a jediným prediktorem aerobní zdatnosti u seniorů. I když pokles bodů v chodeckém testu s 1% nárůstem tělesného tuku je pouze 0,007.

Spolupráce se studenty Univerzity 3. věku na UK FTVS byla vynikající. Všichni byli velmi ochotní a zajímali se o výsledky jak v chodeckém testu, tak v měření tělesného složení. Výsledky chodeckého testu na 2 km však mohou být ovlivněny motivací seniorek a výsledky z BIA mohly být ovlivněny stravovacím a pitným režimem před měřením.

Jsme si vědomi limitací naší práce vzhledem k relativně malému množství probandek a vzhledem ke zvolené metodě měření tělesného složení, a proto by bylo vhodné provést další studie v dané problematice.

8 Použitá literatura

- ABE, O. a kol. Normal aging in the central nervous system: quantitative MR diffusion-tensor analysis. *Neurobiology of aging*. 2002, 23(3), 433-441.
- ALBRIGHT, A. L. a STERN, J. S. Adipose tissue. *Encyclopedia of sports medicine and science*. 1998, 10.
- BARTŮŇKOVÁ, S. *Fyziologie pohybové zátěže: učební texty pro studenty tělovýchovných oborů*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2013.
- BARTŮŇKOVÁ, S. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení: učební texty pro studenty Fyzioterapie a studia Tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2006.
- BEMBEN, M. G. Age-related patterns in body composition for men aged 20-79 yr. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1995, 27(2), 264-269.
- BERANOVÁ, E. *Vliv 3-měsíčního cvičebního programu zdravotní tělesné výchovy na vybrané parametry Senior Fitness testu*. 2016. Vedoucí práce Klára Daňová.
- BERKOVÁ, M., BERKA, Z. a TOPINKOVÁ, E. *Problematika seniorského věku: Stařecká křehkost, sarkopenie a disabilita*. 2013.
- BONIEWSKA-BERNACKA, E. a PAŃCZYSZYN, A. Wybrane teorie starzenia sie organizmów. *Higher school pulse* [online]. 2016, 10(4), 18-22 [cit. 2017-02-21]. Dostupné z: <http://higherschoolpulse.com/abstracted.php?level=5>
- BOSS, G. R. a SEEGMILLER, J. E. Age-related physiological changes and their clinical significance. *Western Journal of Medicine*. 1981, 135(6), 434.
- BOUBELÍKOVÁ, B. *Vliv alkoholu na tělesné složení po zátěžovém testu na běžecím trenážeru* [online]. 2015 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/136682>. Vedoucí práce Barbora Strejcová.
- BOUCHARD, C. *Physical activity and obesity*. Human kinetics. 2000.
- BUNC, V. a SKALSKÁ, M. Jsou předpoklady pro pohybové zatížení u osob s nadváhou nebo obezitou odlišné než u osob s normální hmotností? *Česká kinantropologie*. 2011, 15(3), 55-63.

- BUNC, V. Změny vybraných parametrů tělesného složení a aerobní zdatnosti u vysoce trénovaných fotbalistů v průběhu tréninkového roku. In: ČEPIČKA, L. *Hry 2006: sborník příspěvků s tematikou her v programech tělovýchovných procesů = Games 2006: proceedings of papers on games in the programs of physical education and sport training processes*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2006.
- BUNC, V. Prediction equations for determination of body composition by bioimpedance method in children. *Med.Sport Sci.* 2001, 44, 46-52.
- BUNC, V. a kol. Estimation of body composition by multifrequency bioimpedance measurement in children. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2000, 881, 203–204.
- BUNC, V. Pojetí tělesné zdatnosti a jejích složek. *Těl. Vých. Sport. Mlád.* 1995, 61, 6-9.
- CAMPBELL, M. J., MCCOMAS, A. J., a PETITO, F. Physiological changes in aging muscles. *Journal of neurology, neurosurgery and Psychiatry*. 1973, 36(2), 174.
- CASPERSEN, C. J. POWEL, K. E a CHRISTENSON, G. M. Physical activity, exercise and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public health reports*. 1985, 100(2), 126.
- ČESÁK, M. *Komparace vybraných parametrů tělesného složení u dětí ve věku 10-11 let z odlišných socioekonomických regionů*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2014. Bakalářská práce. Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy.
- ČEVELA, R., KALVACH, Z. a ČELEDOVÁ, L. *Sociální gerontologie: úvod do problematiky*. Praha: Grada, 2012.
- DITTMAR, M. a kol. New equations for estimating body cell mass from bioimpedance parallel models in healthy older Germans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 2001, 281.5: E1005-E1014.
- DOBŠÁK, P. a kol. *Klinická fyziologie tělesné zátěže: vybrané kapitoly pro bakalářské studium fyzioterapie*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2009.
- DOLEŽAL, B. A. a kol. Validity of Two Commercial Grade Bioelectrical Impedance Analyzers for Measurement of Body Fat Percentage. *Journal of exercise physiology*. 2013, 16(4).

- DVOŘÁČKOVÁ, D. *Kvalita života seniorů: v domovech pro seniory*. Praha: Grada, 2012.
- ESPOSITO, F. a kol. Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *Eur. J. appl. Physiol.* 2004, 93, 167-172.
- FORD, E. S., GILES, W. H. a MOKDAD, A. H. Increasing prevalence of the metabolic syndrome among U.S. Adults. *Diabetes Care.* 2004, 27, 2444–2449.
- FRUTH, J. a kol. Evaluation of three skinfold equations by using the bod pod as the criterion in caucasian female athletes. *Journal of Exercise Physiology.* 2008, 11(1), 28–37.
- GNEEZY, U., LEONARD, K a LIST, J. A. Gender differences in competition: evidence from a matrilineal and patriarchal society. *Econometrica.* 2009, 77(5), 1637-1664.
- GOODPASTER, B. H. a kol. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: The health aging and body composition study. *Journal of Gerontology.* 2006, 61(10), 1059-1064.
- GREGG, E. W. a kol. Trends in the prevalence and ratio of diagnosed to undiagnosed diabetes according to obesity levels in the U.S. *Diabetes Care.* 2004, 27, 2806–2812.
- HAINER, V. *Základy klinické obezitologie*. 2. vyd. Praha: Grada, 2011.
- HAINER, V. a kol. *Základy klinické obezitologie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2004
- HAVLÍČKOVÁ, L. *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. 2., přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 1999.
- HELLER, J. a VODIČKA, P. *Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2011.
- HENDL, J. a DOBRÝ, L. *Zdravotní benefity pohybových aktivit: monitorování, intervence, evaluace*. Praha: karolinum, 2011.
- HOLMEROVÁ, I. *Průvodce vyšším věkem: manuál pro seniory a jejich pečovatele*. Praha: mladá fronta, 2014.
- HOŠKOVÁ, B. *Vademecum: zdravotní tělesná výchovaa (druhy oslabení)*. Praha: karolinum, 2012.

- HUGHES, V. A. a kol. Longitudinal changes in body composition in older men and women: role of body weight change and physical activity. *Am. J. Clin.Nutr.* 2002, 26(2), 473-481.
- HUNSKAAR, S. a kol. Epidemiology and natural history of urinary incontinence. *Int. Urogynecol. J.* 2000, 11, 301-319.
- JANSSENS, J. P., PACHE, J. C. a NICOLD, L. P. Physiological changes in respiratory function associated with aging. *European Respiratory Journal.* 199, 13(1), 197-205.
- KALVACH, Z. a kol. *Geriatric a gerontologie*. Praha: Grada, 2004.
- KAMIŇSKA, A. a WOJCIEHO, K. The organisation of the elderly's free time – patients at the palliative care departments. In: *Autonomie ve stáří: strategie jejího zachování*. Ostrava, 2004, 261-264.
- KENNETH, E. Human body composition: In vivo methods. *Physiological Reviews.* 2000, 80(2), 649–671.
- KITTNAR, O. *Lékařská fyziologie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011.
- KLEVETOVÁ, D. a DLABALOVÁ, I. *Motivační prvky při práci se seniory*. Praha: Grada, 2008.
- KOVÁŘ, R. Tělesná aktivita, tělesná zdatnost a zdraví. In: KABEŠOVÁ, H. Rozvoj flexibility jako zdravotně orientované zdatnosti. *Studia sportiva.* 2011, 1, 75-84.
- KVIST, H. a kol. Total and visceral adipose-tissue volumes derived from measurements with computed tomography in adult men and women: predictive equations. *American Journal of Clinical Nutrition.* 1988, 48, 1351-1361.
- KYLE, U. a kol. Bioelectrical impedance analysis?part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition* [online]. 2004, 23(5), 1226-1243 [cit. 2016-01-13]. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0261561404000937>
- LAURETANI, F. a kol. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *Journal of applied physiology.* 2003, 95(5), 1851-1860.

- LEE, S. Y. a kol. Assessment methods in human body composition. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. 2008, 11(5).
- LUKASKI, H. C. a kol. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1985, 41, 810–817.
- LÜLLMANN-RAUCH, R. *Histologie*. Praha: Grada, 2012.
- MÁČEK, M. a RADVANSKÝ, J. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén, 2011.
- MALÁ, L. a kol. *Fitness assessment: Body Composition*. Prague: Charles University in Prague, 2014.
- MALÁ, L. a kol. Profil telesného zloženia elitných basketbalistek. *Česká kinantropologie: časopis Vědecké společnosti kinantropologie*. 2011, 15(3), 110–116.
- MATTILA, V. M. a kol. Physical fitness and performance. Body composition by DEXA and its association with physical fitness in 140 conscripts. *Medicine and science in sports and exercise*, 2007, 39(12), 2242-2247.
- MCLEAN, A. J. a LECOATER, D. G. Aging biology and geriatric clinical pharmacology. *Pharmacological reviews*. 2004, 56(2), 163-184.
- MEISIGER, C., A. a kol. Body fat distribution and risk of type 2 diabetes in the general population: are there differences between men and women? The MONICA/KORA Augsburg cohort study. *Am. J. Clin. Nutr.* 2006, 84, 483–489.
- MIKKOLA, I., S. a kol. Metabolic syndrome in connection with BMI in young Finnish male adults. *Diabetes Res. Clin. Pract.* 2007, 76, 404–409.
- MIKLÍKOVÁ, I. *Tuková tkáň jako endokrinní orgán* [online]. Brno, 2013 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://is.muni.cz/th/360277/fsps_b/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce Michaela Hejmalová.
- MÜLLEROVÁ, D. a RÖHM, K-H. *Obezita - prevence a léčba*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2009.

- NEWMAN, A. B. a kol. Weight change and the conservation of lean mass in old age: the Health aging and Body Composition Study 1-3. *Am. J. Clin. Nutr.* 2005, 82, 872-878.
- NEUMANN, G., PFÜTZNER, A. a HOTTENROTT, K. *Trénink pod kontrolou: metody, kontrola vyhodnocení vytrvalostního tréninku*. Praha: Grada, 2005.
- NIEDERLE, M., SEGAL, C., a VESTERLUND, L. How costly is diversity? Affirmative action in light of gender differences in competitiveness. *Management Science*, 2013, 59(1), 1-16.
- NOVOTNÁ, V., ČECHOVSKÁ, I. a BUNC, V. *Fit programy pro ženy: průvodce kondiční přípravou: 258 ilustrovaných cviků: 12 komplexních pohybových programů*. Praha: Grada, 2006.
- PACOVSKÝ, V. a HEŘMANOVÁ, H. *gerontologie*. Praha: avicenum, 1981.
- PAŘÍZKOVÁ, J. Složení těla, metody měření a využití ve výzkumu a lékařské praxi. *Med. Sport. Boh. Slov.* 1998, 7(1), 1-6.
- PASTUCHA, D. *Tělovýchovné lékařství: vybrané kapitoly*. Praha: Grada, 2014.
- PRAJEROVÁ, K., ŠTEFFL, M. a HRÁSKÝ, P. Jsou studenti univerzity 3. věku na UK FTVS zdatnější než běžná populace? In: *Edukace seniorů: přístupy, podmínky, přínos*. Kraków-Nitra-Olomouc, 2016, 43-52.
- PŘIDALOVÁ, M. *Funkční antropologie* (studijní text) [online]. 2005 [cit. 2016-03-25]. Dostupné z:
http://is.muni.cz/el/1431/podzim2005/Bi8352/Reserse_Brno.pdf?fakulta=1431;obdobi%3D3062;kod%3DBi8352
- RIEGEROVÁ, J. a kol. Analýza složení těla pomocí bioimpedance a antropometrie u moravských žen ve věku senescence, vliv střednědobého pohybového experimentu. *Med. Sport. Boh. Slov.* 2008, 17(4), 191-199.
- ROSENKILDE, M. a kol. Body fat loss and compensatory mechanisms in response to different doses of aerobic exercise--a randomized controlled trial in overweight sedentary males. *AJP: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* [online]. 2012, 303(6), 571-579 [cit. 2016-09-15]. Dostupné z:
<http://ajpregu.physiology.org/cgi/doi/10.1152/ajpregu.00141.2012>

- RUSSELL, R. M. Changes in gastrointestinal function attributed to aging. *Am. J. Clin. Nutr.* 1992, 55(6), 12065-12075.
- SAK, P. a KOLESÁROVÁ, K. *Sociologie stáří a seniorů*. Praha: Grada, 2012.
- SEGAL, K.R. a kol. Estimation of extracellular and total body water by multifrequency bioelectrical measurement. *Am.J.Clin.Nutr.* 1991, 54, 26-29.
- SHUMEI, S. G. a kol. Aging, body composition, and lifestyle: the Fels Longitudinal Study 1-3. *Am. J. Clin. Nutr.* 1999, 70, 405-411.
- SCHMUCKER, D. L. Age-related changes in liver structure and function: Implications for disease. *Experimental Gerontology*. 2005, 40(8-9), 650-659.
- SLEPIČKA, P., MUDRÁK, J. a SLEPIČKOVÁ, I. *Sport a pohyb v životě seniorů*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2015.
- SMITKA, K. Adipokiny a hormonální funkce tukové tkáně. *Česká kinantropologie*. 2011, 15(1), 11-16.
- SNYDER, W. S. a kol. Report of the task group on reference man. *ICPR*, 1984, 23.
- STEJSKAL, P. *Proč a jak se zdravě hýbat*. Pressempus, Břeclav, 2004.
- STRAIT, J. B. a LAKATTA, E. G. Aging-associated cardiovascular changes and their relationship to heart failure. *Health Failure Clinics*. 2012, 8(1), 143-164.
- SÝKOROVÁ, D. *Autonomie ve stáří: kapitoly z gerontosociologie*. Praha: Sociologické nakladatelství, 2007.
- ŠKOP, V. a kol. Adipocytokiny – nedávno objevené hormony tukové tkáně. *Chem. Listy*. 2009, 103, 187–192.
- TOPINKOVÁ, E. *Geriatric pro praxi*: Praha: Galén, 2005.
- TOSATO, M. a kol. The aging process and potential interventions to extend life expectancy. In: HRÁSKÝ, P. *Pohybové programy pro ovlivnění tělesného složení a tělesné zdatnosti seniorů* [online]. 2014 [cit. 2017-07-03]. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/154499>. Vedoucí práce Václav Bunc.
- TUPÝ, J. *Pojmy ve vzdělávacím oboru Tělesná výchova* [online]. 2005 [cit. 2017-07-13]. Dostupný z: <http://www.rvp.cz/clanek/376>

- VILIKUS, Z., BRANDEJSKÝ, P. a NOVOTNÝ, V. *Tělovýchovné lékařství: vybrané kapitoly pro bakalářské studium fyzioterapie*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2009.
- VUGT, M. V., DEGREMER, D. a JANSSEN, D. P. Gender differences in Cooperation and competition. *Association for psychological science*. 2007, 18(1), 19-24.
- WANG, Z. M., PIERSON, R. N. a HEYMSFIELD, S. B. The five level model: a new approach to organizing body composition research. *Am. J. Clin. Nutr.* 1992, 56, 19–28.
- WILLIS, L. H. a kol. Effects of aerobic and/or resistance training on body mass and fat mass in overweight or obese adults. *Journal of Applied Physiology* [online]. 2012, 113(12), 1831-1837 [cit. 2015-12-15]. Dostupné z: <http://jap.physiology.org/cgi/doi/10.1152/jappphysiol.01370.2011>
- WOZNIAK, S. E. a kol. Adipose tissue: The new endocrine organ? A review article. *Dig. Dis. Sci.* 2009, 54, 1847–1856.

9 Přílohy

Seznam příloh

Příloha 1 – Informovaný souhlas

Příloha 1 – Vzor informovaného souhlasu

INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážený pane / Vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (*jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicíně č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné*), Vás žádám o souhlas s publikováním od Vás získaných dat v rámci diplomové práce s názvem *Vztah tělesného složení a aerobní zdatnosti u seniorů* a zároveň Vám děkuji za spolupráci.

Cílem diplomové práce je zjistit, zdali existuje vztah mezi tělesným složením a zdatností u seniorů. Výsledky z testování budou zpracovány a publikovány do výsledkové části diplomové práce. Osobní data nebudou v této diplomové práci zveřejněna, data budou uchována v anonymizované podobě a v maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení řešitele: Podpis:

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s publikací dat ve výše uvedeném projektu a že jsem měl/a možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se mé účasti ve výzkumu a že jsem dostal/a jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. Byl/a jsem poučen/a o právu odmítnout účast ve výzkumu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí.

Místo, datum:

Jméno a příjmení účastníka: Podpis: