

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

**SOMATICKÝ PROFIL STUDUJÍCÍCH NA FTK UP V LETECH  
2012 AŽ 2022**

Diplomová práce

Autor: Bc. Hvozdovič Jiří

Studijní program: Učitelství tělesné výchovy pro 2. stupeň ZŠ a SŠ

Vedoucí práce: doc. RNDr. Přidalová Miroslava Ph.D.

Olomouc 2024



## **Bibliografická identifikace**

**Jméno autora:** Bc. Hvozdovič Jiří

**Název práce:** SOMATICKÝ PROFIL STUDUJÍCÍCH NA FTK UP V LETECH 2012 AŽ 2022

**Vedoucí práce:** doc. RNDr. Přidalová Miroslava Ph.D.

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii

**Rok obhajoby:** 2024

### **Abstrakt:**

Cílem DP bylo stanovit a porovnat vybrané tělesné komponenty studujících v časovém období od 2012 do 2022, s ohledem na věk a pohlaví. Měření tělesného složení (TS) probíhalo za pomoci bioelektrické impedance (MF-BIA – InBody 720). Soubor tvořilo celkem 1747 studentů a studentek prezenčního a kombinovaného studia tělesné výchovy a sportu ve věkovém rozmezí 18–35 let. U kategorizace, analýzy a posouzení somatického profilu studujících pracujeme také se zdravotními ukazateli TS. Mezi které řadíme index tukové hmoty (BFMI), index tukuprosté hmoty (FFMI), index kosterního svalstva (SMMI). V rámci vyhodnocení TS byl kladen důraz na rozdíly mezi muži, ženami a věkovými kategoriemi. Studující byli dále rozděleni pomocí hmotnostně-výškového indexu BMI. Byly prokázány signifikantní mezipohlavní rozdíly. Statisticky nevýznamné rozdíly byly mezi věkovými kategoriemi u žen. Mezi věkovými kategoriemi u mužů byly prokázány statisticky významné rozdíly u vybraných frakcí TS. Vybrané frakce TS byly také porovnávány mezi kategoriemi BMI s ohledem na pohlaví. Při stanovení a porovnání popisných charakteristik vybraných frakcí TS v rámci kategorií BMI byl shledán statisticky významný rozdíl v zastoupení BFM u všech kategorií. Jedná se o specifickou část populace pohybově aktivních (PA) jedinců s nadprůměrným zastoupením kosterního svalstva (SMM) a nižším zastoupením tukové hmoty (BFM). Pro většinu z nich je může být používání BMI málo senzitivní. Při dostupnosti měření TS je pro nás výhodnější využívat zdravotní ukazatele TS u těchto specifických populačních skupin a sportovců.

### **Klíčová slova:**

Tělesný tuk (BFM), tukuprostá hmota (FFM), kosterní svalstvo (SMM), BMI, zdravotní ukazatele TS, FS

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

## **Bibliographical identification**

**Author:** Bc. Hvozdovič Jiří

**Title:** The somatic profile of FTK UP students from 2012 to 2022

**Supervisor:** doc. RNDr. Přidalová Miroslava, Ph.D.

**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology

**Year:** 2024

### **Abstract:**

This master's thesis aims to determine and compare body composition of students in the period from 2012 to 2022, with emphasis to age and gender. Body composition was measured using bioelectrical impedance (MF-BIA – InBody 720). The group consisted of a total of 1,747 male and female students of full-time and combined studies of physical education and sports in the age range of 18–35 years. For the categorization, analysis and assessment of the students' somatic profile, we also work with body composition health indices. Among which we include the Body fat mass index (BFMI), Fat-free mass index (FFMI), Skeletal muscle mass index (SMMI). As part of the TS evaluation, emphasis was placed on differences between men, women and age categories. Students were further divided by BMI index. Significant gender differences were demonstrated. There were statistically insignificant differences between age categories for women. There were showed significant differences between age categories in men for selected TS fractions. Selected fractions of body composition were also compared between BMI categories. When determining and comparing the descriptive characteristics of components of body composition within BMI categories, a statistically significant difference was found in the representation of body fat mass (BFM) in all categories. This is a specific part of the population of physically active individuals with an above-average representation of skeletal muscle mass (SMM) and a lower representation of BFM. For most of them using BMI could be a less sensitive. With the availability of body composition measurements, it is more advantageous for us to use body composition health indicators in these specific population groups and athletes.

### **Keywords:**

Body fat mass (BFM), Fat free mass (FFM), Skeletal muscle mass (SMM), BMI, Body composition health Indicators, FS

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracoval samostatně pod vedením doc. RNDr. Miroslavy Přidalové, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 23. června 2024

.....

Děkuji doc. RNDr. Miroslavě Přidalové, Ph.D. za ochotu, pomoc a cenné rady, které mi poskytla při zpracování závěrečné písemné práce. Rád bych poděkoval také RNDr. Milanu Elfmarkovi za pomoc při statistickém zpracování.

## OBSAH

Obsah .....	7
1 Úvod .....	9
2 Přehled poznatků .....	11
2.1 Antropologie .....	11
2.1.1 Biologická antropologie .....	11
2.1.2 Antropometrie .....	12
2.2 Tělesné složení (TS) .....	13
2.2.1 Adolescence a raná dospělost .....	14
2.3 Faktory ovlivňující TS .....	15
2.3.1 Stres .....	15
2.3.2 Životní styl .....	16
2.3.3 Spánek .....	17
2.3.4 Pohybová aktivita .....	18
2.4 Modely TS .....	20
2.5 Metody pro určení TS .....	21
2.5.1 Duální rentgenová absorpciometrie (DEXA) .....	22
2.5.2 Pletysmografie (Bod Pod) .....	22
2.5.3 Hydrostatické vážení .....	23
2.5.4 Kaliperace .....	23
2.5.5 Metoda 3D scan .....	23
2.6 Bioelektronická impedance (BIA) .....	24
2.6.1 Tělesná hmotnost (TH) .....	25
2.6.2 Celková tělesná voda (TBW) .....	26
2.6.3 Tělesný tuk (BFM) .....	27
2.6.4 Tukuprostá hmota (FFM) .....	28
2.6.5 Buněčná hmota (BCM) .....	30
2.7 Zdravotní ukazatelé TS .....	30
2.8 Fitness score .....	32
3 Cíle .....	34

3.1	Hlavní cíl.....	34
3.2	Dílčí cíle .....	34
3.3	Hypotézy (H) .....	34
4	Metodika.....	35
4.1	Výzkumný soubor.....	35
4.2	Metody sběru dat .....	37
4.3	Statistické zpracování dat .....	38
5	Výsledky.....	39
5.1	Stanovení vybraných frakcí TS s ohledem na věk a pohlaví.....	39
5.2	Srovnání frakcí TS s ohledem na věk a pohlaví .....	42
5.3	Zastoupení složek TS mezi kategoriemi BMI.....	47
5.4	Zastoupení studujících podle FS .....	52
5.5	Četnost v kategoriích zdravotních ukazatelů TS .....	53
6	Diskuse.....	56
7	Závěr .....	61
8	Souhrn .....	62
9	Summary.....	64
10	Referenční seznam .....	67
11	Přílohy.....	78
11.1	Seznam zkratk .....	78
11.2	Seznam tabulek.....	79



# 1 ÚVOD

Společnost se v dnešní době potýká s problémy spojenými s nezdravým životním stylem, které dříve nebyly rozšířené v takové míře. Jedná se o problémy, jejichž původ je spojen s fenoménem sedavého způsobu života, zapříčiněný globalizací a stále se dopředu vyvíjejícím technologiím, které usnadňují náš život. Na druhou stranu to má i negativní dopad na společnost a tento již déletrvající fenomén začínáme pociťovat celosvětově. Jde o nezdravý životní styl, který by se také dal nazvat jako životní styl „moderní“. Člověk v daleko menším množství vykonává PA ve volném čase, ale také v dnešní době přijímá nekvalitní nebo vysoce kalorické suroviny. Společnost se tak již delší dobu potýká s novodobými civilizačními onemocněními, které se v dnešní době označují jako neinfekční onemocnění hromadného výskytu. Mezi které tak patří zejména nemoci příjmu potravy, nemoci a vady pohybového systému, onkologická onemocnění, kardiovaskulární onemocnění, diabetes mellitus 2. typu nebo autoimunitní onemocnění.

Kvůli pandemii COVID-19 se problémy s těmito nemocemi prohloubily na základě karantény a nevycházení z domu a již tak sníženému množství vykonávané PA. Pandemie tak přispěla k šíření problémů způsobených nedostatečnou mírou pohybu, jak po stránce fyzické, tak po stránce psychické. Všechny tyto problémy jsou způsobeny nevyváženým životním stylem, špatnou stravou a nepravidelným spánkem. Pravidelné měření TS nám ukazuje poměr jednotlivých komponentů TS, díky kterému můžeme lépe pochopit náš vliv na organismus stravou, PA a celkovým životním stylem. Pro přesnější posouzení rizik našeho zdraví slouží zdravotní ukazatele TS. Tyto ukazatele TS se zaměřují na jednotlivé tělesné komponenty (BFM, FFM, BCM, SMM) ve vztahu k naší tělesné výšce (Sta). Pro každý zdravotní ukazatel TS jsou vytvořeny kategorie, do kterých se jedinci řadí na základě vypočtu absolutní hodnoty jednotlivých složek TS vztažených k druhé mocnině Sta. Nemusíme se tak spoléhat na nepřesnou kategorizaci, zda máme nadváhu nebo jsme podvyživení pouze podle body mass indexu (BMI). BMI jako somatický index využívá pouze TH a Sta, může se tak v řadě případů jednat o chybnou kategorizaci jedinců. Pomocí měření a analýzy TS můžeme u vysoce trénovaného jedince zlepšit sportovní výkonnost a vyrovnávat zvýšenou potřebu po regeneraci a dostatečný příjem potravy. Při pravidelném měření a analýze TS můžeme na druhou stranu zjistit neoptimální poměr jednotlivých složek TS. V tom případě jsme schopni doporučit intervenci v podobě PA a změny ve stravovacích stereotypch. Optimálním TS nám může pomoci předcházet zdravotním problémům. Zároveň také informovat vyšetřované o jejich aktuálním zdravotním stavu pomocí měření TS mohou přispět ke změnám v životním stylu, na základě negativních výsledků.

Pro studující Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci (FTK UP), jejichž studium vyžaduje zvládat určité množství fyzické zátěže v rámci studia, hraje TS významnou roli. Studium VŠ je náročné po stránce mentální, ale pro studující FTK UP bude určitou roli hrát fyzická zátěž, skrz nároky, které fakulta vyžaduje po všech studentech a studentkách jejichž budoucí profesí je učitel tělesné výchovy (TV), případně dalších přidružených profesí souvisejících s PA člověka. Jedná se tak o specifickou část populace, jejíž výsledky TS díky zvýšeným nárokům na množství PA by měly být kladné.

## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Antropologie

Věda zabývající se člověkem jakožto předmětem výzkumu v rámci jeho organického, fylogenetického a ontogenetického vzniku a vývoje ve všech oblastech kulturních a přírodních sfér se zaměřením na tělesnou a psychickou stránkou společně s měnícími se projevy a činnostmi napříč časem a prostředím, ve kterém se člověk nachází ("Underst. Appl. Med. Anthropol.," 2016). Antropologii můžeme chápat jako vědu, která může být zaměřená explicitně pouze ze stránky přírodovědecké, a tedy zabývající se vývojem a funkcemi lidského organismu nebo naopak ze stránky společenské a kulturní, kde na člověka v rámci vědy není nahlíženo pouze jako na výzkumný objekt z hlediska biologického, ale také jako na produkt a tvůrce kultury (Birx, 2012). Nahlíženo na vše skrz různé rasové etnické, kulturní a sociální skupiny populace napříč časem a prostorem (Kopecký, Cymek, Matejovičová, Rožnowski & Švarc, 2019).

#### 2.1.1 Biologická antropologie

Jedná se o vědecký obor, který pod sebou zaštiťuje určité antropologické disciplíny, které se v rámci studia člověka jakožto jednotlivce, skupiny nebo lidstva obecně zabývají jeho biologickými zvláštnostmi a jeho podstatou, stále s přihlédnutím na čas a prostor. Biologická antropologie se dále dělí na základě sledování cíle a cílové skupiny do jednotlivých odvětví na fyzickou, funkční, evoluční, dále na antropologii dítěte či historickou, etickou, diferenciální metodologickou, morfologickou, systematickou a zoologickou antropologii (Brown & Closser, 2016). Funkční antropologie, jak již název napovídá, se zabývá funkčními změnami v organismu člověka. Jiným uváděným pojmenováním je antropologie fyziologická, která pohlíží na vystavování námaze organismu s organizovanou PA nebo naopak s nedostatečným zatížením pohybového aparátu člověka, protože v dnešní době s rozšířeným trendem sedavého způsobu života dochází ke snížení fyzické zdatnosti a výkonnosti (Kopecký et al., 2019). Fyzická antropologie je relativně mladým vědním oborem, který se zabývá fyzickými změnami ve složení organismu v koncepci původu a evoluce. Tento přírodovědní obor se zaměřuje na problémové otázky týkající se problematiky stavebních a mechanických složek organismu v rámci tělesného růstu a vývoje z hlediska různorodosti jednotlivců s přihlédnutím na jejich rasovou, etnickou, kulturní a sociální skupinu, do které náleží (Birx, 2012). Nejlepší možné pochopení biologické různorodosti lidského organismu nám umožní správně řešit individuální variace průběžně během celého ontogenetického vývoje člověka. Pomocí výzkumu,

zaměřujícím se na vývoj a růst jedince, dokážeme snáze detekovat vývojové odchylky na základě stanovených norem, čímž jsou myšleny referenční standardy, díky kterým můžeme hodnotit fyzický stav všech populačních skupin. Fyzickou antropologii dále dělíme na osteologii, somatologii a antropometrii (Park, 2022).

### **2.1.2 Antropometrie**

Je souhrn metod, které nám umožňují měřit, vyhodnocovat a kontrolovat lidské tělo, jednak jako celek, tak i jako jednotlivé tělesné segmenty, a to s ohledem na tělesný růst a vývoj člověka. Antropometrie je proto využívána ve fyzické, funkční, pediatrické, klinické, pedagogické antropologii a je zde tak vidět úzká provázanost při využívání těchto metod uplatňovaných v moderní funkční kinantropologii a celkově vědách zabývajících se o člověku (Preedy, 2012). V návaznosti na antropometrii máme i obor kinantropometrie, která také pracuje s antropometrickými metodami, jedná se totiž o vědní disciplínu zabývající se lidským pohybem a vztahem mezi rozměry, tvary, proporcemi a TS a mezi zdatností a výkonností během TV, vrcholového a výkonnostního sportu nebo rekreačních a volnočasových aktivit. V kinantropometrii je mimo objem vykonávané PA také sledováno tempo dospívání, zákonitosti růstu a výživa člověka (Riegerová et al., 2006).

Funkční antropologie se zabývá také TS. Přičemž somatodiagnostika a somatické parametry jako je Sta, tělesná hmotnost (TH) a obvodové parametry společně se somatickými indexy si dává za úkol řešit tuto problematiku detailněji. Pomocí změření a analýzy TS můžeme vyhodnotit aktuální stav jedince, jeho potenciál sportovního výkonu při daném sportovním zaměření (Brown & Closser, 2016). K posouzení OTH používáme BMI, běžně užívaný somatický index využívající Sta a TH. U běžné populace nám tento somatický index hodnotí TH. BMI však nezohledňuje věk ani pohlaví při hodnocení TH. U sportovců může vést k chybné interpretaci. BMI nám nedokáže sdělit zastoupení jednotlivých komponent TS a může docházet k chybnému zařazení podle kategorií BMI (Burkhauser & Cawley, 2008). Studie Gáby & Přidalové (2016), která prováděla výzkum u žen ve věkovém rozmezí 18 – 80 let, tak potvrzuje nízkou senzitivitu k detekci nadměrného BFM. Docházelo tak k chybné identifikaci u žen s vyššími hodnotami BFM, ale na druhou stranu vykazuje vysokou specifitu při identifikaci normálních hodnot BF %. Může docházet tak často k chybné kategorizaci populace pouze na základě BMI, jejíž kategorie jsou stanoveny podle Mezinárodní Světové zdravotní organizace (WHO), bez ohledu na věk a pohlaví, příp. pokud se jedná o charakteristicky specifickou část populace jako například sportovci (Cöster et al., 2014). Mezi limitující faktory patří Sta a TH, které nezohledňují jednotlivé tělesné komponenty. Nedostatečná PA v dlouhodobém měřítku má za následek

neoptimální zastoupení jednotlivých složek TS, čímž se také zhoršují zdravotní ukazatelé TS. Například při nedostatku PA a nevhodnému stravování se u pravidelného měření může snižovat hodnota FFM. (Schutz et al., 2002). Pro hodnocení TS pomocí zdravotních ukazatelů TS, především tak BFMI a FFMI lze objektivněji posoudit TS a s tím spjatá zdravotní rizika (Currier et al., 2019). Analýza TS slouží také ke stanovení metabolicky aktivní složky, kterou je buněčná tělesná hmota (BCM) (Soares et al., 2023).

Pro hodnocení TH u běžné populace, bez ohledu na pohlaví, využíváme BMI k posouzení OTH. Nicméně BMI je somatický index, který má své limity a může vést k chybné interpretaci jak u sportovců s vyšším množstvím SMM, tak i u osob s výrazně vyšším podílem BF, seniorské populace, případně u dětí (Burkhauser & Cawley, 2008). Kinkorová (2015) svou studii potvrzuje, že při hodnocení TH pomocí BMI je zapotřebí brát v potaz, koho hodnotíme pomocí tohoto somatického indexu. U sportovců tak je důležité při větším podílu SMM je důležité využít i jiná antropometrická měření pro správné zhodnocení a analýzu jedince specifických skupin.

## 2.2 Tělesné složení (TS)

TS můžeme chápat jako skladbu hlavních složek, mezi které patří BCM, FFM, SMM, BFM, kosti a TBW. Pravidelné měření TS je velmi nápomocným ukazatelem optimálního růstu a vývoje v rámci ontogeneze člověka (Zbořilová et al., 2021). TS je stále výhodným ukazatelem zdravotního stavu u trénovaného jedince ve sportovním odvětví, především proto, že díky němu dokážeme určit efektivitu tréninkových cyklů. PA u sportovce ovlivňují poměr jednotlivých složek TS a můžeme tak posuzovat zdravotní stav jedince. Pravidelné měření a analýza TS nám může pomoci pro dosažení specifických cílů u sportovců a efektivitu tréninkových cyklů. Společně s pravidelným měřením TS nám k posouzení a určení cílů slouží i další ukazatelé jako je úroveň zdraví, tělesná zdatnost a výkonnost sportovce a jeho celkový fyzický a psychický stav. Všechny tyto ukazatele nám mohou pomoci zjistit zda je tréninkový cyklus u jedince efektivní (Malá et al., 2023).

TS se během různých vývojových období mění. K největším změnám dochází v období růstu a během stárnutí (Blue et al., 2021; Gallo et al., 2021; Malá et al., 2023). Jedním z nejvariabilnějších komponent TS je BFM, který díky stravě a množství PA dokážeme ovlivňovat oběma směry. Častá PA, vyvážená strava a celkový zdravý životní styl bude mít pozitivní dopad na BFM v těle, tedy jeho optimálnímu množství. Naopak sedavý způsob života, nepravidelná PA a nezdravé stravování budou mít za následek negativní dopad na poměr BFM (Zaragoza-Martí et al., 2020). Od toho se odvíjí, jak v rámci TS bude zastoupený poměr

jednotlivých složek TS. BFM je významným faktorem zapříčiňujícím vznik a průběh mnoha neinfekčních onemocnění hromadného výskytu jako je diabetes mellitus 2. typu, onemocnění autoimunitní a onkologické nebo srdečně-cévní onemocnění. Výskyt těchto nemocí je v dnešní době výrazně vyšší (Sofková & Přidalová, 2015). Například pokud se zaměříme na onkologické pacienty, tak můžeme pomocí měření a analýzy TS u těchto pacientů čelit problémům s léčbou na základě intervencí v podobě stravy. U těchto pacientů je důležité dodržovat striktní postupy při léčbě a očekává se dostatečná spolupráce pacienta s celkovou léčebnou procedurou. Pravidelné monitorování TS může předcházet rizikům, která jsou spojena s vývojem těchto onemocnění u obézních jedinců (Gallo et al., 2021). U pacientů, kteří mají velké množství BFM se mohou vytvářet zánětlivé cytokiny. Při přebytku BFM je také zvýšená produkce zánětlivých cytokinů, jejichž produkce může vyvolávat při větším množství subklinické záněty způsobující problémy spojené s metabolismem a kardiovaskulárním systémem. Vyhodnocování jednotlivých složek TS může být včasnou intervencí před nežádoucími neinfekčními onemocněními hromadného výskytu (Genkinger et al., 2015).

Pokud srovnáme rozdíly mezi pohlavími u běžné populace, mají ženy v zastoupení větší BF % než muži. Tyto rozdíly se však začínají ukazovat až v období puberty (Owen et al., 2020). Rozdíly také nacházíme dispozičně v určitých oblastech. Vždy, pokud se věnujeme problematice TS a zastoupení jednotlivých složek, je důležité se zaměřit také na faktor, zda jedinec žije aktivním způsobem či nikoliv. Rozdíly samotné mezi jednotlivci pak mohou být dále ovlivněny genetickou predispozicí se stále platícími vnějšími ovlivnitelnými faktory jako je PA, strava a zdravotní stav, jak fyzický, tak psychický (Ohta et al., 2017).

### **2.2.1 Adolescence a raná dospělost**

Adolescence jako vývojové období můžeme chápat také jako období dospívání. Jedná se o charakteristickou fázi života mezi dětstvím a dospělostí. V tomto období postupně končí tělesný růst, přičemž názory na rozmezí pomocí kalendářního věku se mezi autory liší (Kelley et al., 2019; Valach et al., 2017; Yuan et al., 2023). Chronologický věk u dospívajícího člověka se pohybuje v rozmezí 16 až 18 let, kdy se jedná o adolescenty, ti se pak dostávají do období rané dospělosti, která trvá přibližně do 30 let. Poté nastává období zralosti, kterou můžeme určit přibližně mezi 30. až 45. rokem (Kelley et al., 2019). Jasné vymezení nelze určit pouze na základě kalendářního věku, řeč je tedy o věkovém rozmezí, pro které jsou dané určité charakteristické rysy. Avšak většina autorů (Kelley et al., 2019; Riegerová et al., 2006; Soares et al., 2023) toto období z ontogenetického hlediska chápe jako počátek možnosti reprodukce a postupného ukončování pohlavního a fyzického dozrávání. Jedinec se začíná soustředit víc na

duševní a sociální hodnoty a na celkové sebepojetí jako celoživotní proces. Abstraktní a logické myšlení se zároveň zdokonaluje. Tato charakteristika na základě dozrávání a změn ve sociálních a duševních hodnotách se podle autorů Kelley et al. (2019) a Soares et al. (2023) pohybuje podle kalendářního věku v rozmezí 15 až 24 let. Jednotlivé ontogenetické fáze můžeme vyjádřit pomocí kalendářního věku. Nicméně je důležité podotknout, že každý jedinec má individuální rozvoj a jeho kalendářní věk nemusí být v souladu s jeho biologickým věkem (Riegerová et al., 2006).

Vyplavování hormonů na začátku puberty může být u každého jedince odlišné, tento fakt může být dán například geneticky. Během dospívání dochází k vyplavování hormonů, které vedou k fyzickým a emocionálním změnám u člověka. Na konci období adolescence hraje u mužů hlavní klíčovou roli hormon testosteron při růstu SMM. Zatímco u žen v důsledku hormonálních změn můžeme na konci tohoto období vnímat zastavení celkového růstu a začíná ve větším množství narůstat BFM především v oblasti trupu a na dolních končetinách, tato skutečnost je zapříčiněna evolučně (Gallo et al., 2021). U jedinců, kteří sportují nebo pravidelně vykonávají PA může být nárůst SMM podstatně větší než u běžné populace. SMM nabývající na výkonnosti zpravidla může i nabývat na hmotnosti, která se tak může projevit zvýšením celkové TH. Při hodnocení právě takových jedinců, u kterých je znatelně větší rozvoj SMM. U těchto jedinců je důležité se zaměřit na specifické testy hodnotící například silový výkon (Detanico et al., 2019).

## **2.3 Faktory ovlivňující TS**

### **2.3.1 Stres**

Sebepřijetí, osamostatnění se, myšlenka založení rodiny či případná seberealizace svých snů jsou provázejícími rozdíly u skupin mezi dospívajícími a ranou dospělostí (Zhang et al., 2023).

Studie Stefanaki et al. (2018) poukazuje na to, že chronický neboli dlouhotrvající stres může významným způsobem působit negativně na TS a poměru jednotlivých složek. Studující FTK UP oboru TV, jakožto specifická skupina zvykající si na nové prostředí, jsou konstantně vystavováni psychickému, ale i fyzickému stresu a jeho nezdárnému odbourávání hlavně v raných fázích svého studia na VŠ. Studující VŠ jsou vystavováni jak akutnímu stresu, tak i dlouhodobé psychické a fyzické zátěži, která může mít za příčinu špatné stravovací návyky (Barbayannis et al., 2022). Neoptimální spánkový režim společně se samotnou kvalitou spánku, mohou u jedince vést k zhoršení životosprávy, která tak má negativní dopad na změny v TS (Kitamura et al., 2021). Globalizace, digitalizace a propojení společnosti pomocí internetu má

v dnešní době významný dopad na lidstvo. Díky jednoduché dostupnosti informací, usnadnění komunikace a poskytování zábavy se zlepšuje celková kvalita života. Tyto procesy moderního světa jsou však spojeny i s negativním dopadem na společnost. Narůstá tak počet případů spjatých s duševními problémy, jako jsou časté změny nálad, deprese a úzkost mezi středoškolskými a VŠ studujícími po celém světě na základě digitální závislosti, kybernetické bezpečnosti a omezení soukromí. Zmíněné problémy během studia na VŠ zažívají muži i ženy (McKay et al., 2023).

Optimální zastoupením jednotlivých komponent TS nám může zkvalitnit životní styl jak po psychické, tak po fyzické stránce (Zhang et al., 2023). Mimo omezení neinfekčních onemocnění hromadného výskytu, které jdou ruku v ruce s optimálním TS, také předchází jedinec problémům psychickým. Pozitivní hodnocení sledovaných parametrů TS bude mít kladný vliv na psychickou stránku jedince. Být spokojený se sebou samým je v určitém směru krok kupředu v rámci harmonického a zdravotně nezávadného životního stylu po stránce fyzické i psychické. Naopak vědomí zařazení do kategorií nadváhy nebo obezity může mít opačný efekt. Studie Yuan et al. (2023) poukazuje na to, že dospívající a dospělí mají větší pravděpodobnost trpět úzkostmi a depresemi, pokud se nacházejí v kategorii nadváhy a obezity. Spánková deprivace je častějším jevem u lidí trpících úzkostmi nebo depresemi, kteří tak omezují svůj spánkový režim a nedostává se dostatečného množství či kvality spánku, která má částečný efekt na zhoršení poměru jednotlivých složek TS (Kitamura et al., 2021).

### **2.3.2 Životní styl**

Životní styl ve své podstatě je souhrnem aktivit, zvyků, rituálů a chování každého jednotlivce, které dále ovlivňují fyzickou, duševní a sociální pohodu. Volba životního stylu a vzorce, kterými se jednotlivci řídí v každodenním procesu jsou ovlivněny několika faktory, mezi kterými jsou kulturní zázemí, geografická poloha, socioekonomické zázemí, úroveň vzdělání a vlastní zkušenosti (Kudláček, 2015). Životní styl se skládá mimo jiné z každodenních návyků, které mají dopad na celkové zdraví jedince. Mezi základní návyky zdravého životního stylu patří například pravidelná PA nebo vyvážená strava a dostatek spánku. Tyto návyky podporují tak celkovou kvalitu života, zlepšují zvládání stresu, snižují riziko vzniku neinfekčních onemocnění hromadného výskytu nebo podporují duševní a fyzické zdraví (Vařeková et al., 2018). Vzhledem k dnešnímu způsobu života, všudypřítomnému používání internetu a vystavování se modrému světlu trpí děti, dospívající a mladí dospělí nedostatečným případně nekvalitním spánkem, což může mít negativní dopad na TS (Barbayannis et al., 2022). Během pandemie COVID 19 výrazně kleslo celkové množství prováděné PA napříč všemi generacemi. Což mohlo



mít za následek u některých jedinců snížení FFM, tedy SMM a zvýšení BFM, kvůli omezení pohybu mimo prostor domova (Tada et al., 2023). Výskyt psychických problémů v době během pandemie exponenciálně vzrostl, a tak celá triáda navzájem se ovlivňujících faktorů spánku, TS a psychických problémů celkově zhoršila životní styl u všech populačních skupin. Kvůli oslabení a úbytek SMM jsme se častěji začali setkávat se zvýšenou hypofunkcí svalů. Tento jev mohl zapříčinit chybné držení těla a zvýšení rizika úrazů (Stefanaki et al., 2018). V dnešní době je potřeba cílit na tyto generace, zpřístupňovat a podporovat pohybově zaměřené volnočasové aktivity společně s obeznámením a efektivitou spánku na duševní zdraví (Sigmundová et al., 2012).

### **2.3.3 Spánek**

Vliv spánku na TS můžeme fyziologicky vysvětlit pomocí vyplavování hormonů, které jsou podmíněné cirkadiálním cyklem či případným stresovým zatěžováním organismu na základě nedostatečného spánku. Nedostatek spánku u obézních jedinců může vést k větší sekreci prozánětlivých cytokinů, jejichž zvýšený výskyt pozitivně koreluje s depresí (Kitamura et al., 2021).

Dostatečný spánek částečně snižuje možnost výskytu psychiatrických onemocnění a celkově duševních problémů. Jedním ze způsobů jak docílit efektivního spánku, je zvýšit míru PA, která zapříčiňuje kladně cílenou únavu, která nutí člověka spát a regenerovat (Ma et al., 2020). Kvalitní spánek a celkově správně nastavený spánkový režim může napomáhat ke zlepšení TS. Kontrola stravy, ve smyslu pravidelnosti a režimu v denních fázích a před spánkem samotným, zde hraje také svou roli, díky které můžeme podpořit cíl dosahování optimálního TS, redukci BFM a zvýšení FFM. Studie Kitamura et al. (2021) poukazuje na možnou souvislost TS a kvality spánku u sportovců se stejným či podobným BMI, kdy naopak velice nízké BF % u mužských sportovců může zapříčinit horší kvalitu spánku než u žen, které měly větší zastoupení BFM v rámci TS. Určité množství BFM tak může být jednou z příčin snazšího usínání a kvalitnějšího spánku. Určité množství BFM v těle je vždy zapotřebí v rámci kvalitního spánku a s tím souvisejícího zdravého životního stylu jak po fyzické, tak po mentální stránce. Optimální TS je spojeno s celkově vyšším sebehodnocením, což naznačuje, že je důležitou součástí v rámci širšího blahobytu jak fyzického, tak mentálního (Kitamura et al., 2021).

Trend měření TS nám stále pomáhá s kontrolou TH, předpisováním a doporučováním PA a intervencím ve stravování jednotlivců, vše v souladu s cílem harmonického životního stylu, prevencím vůči neinfekčním onemocněním hromadného výskytu a celkovou dlouhodobostí (Cairney & Veldhuizen, 2017). Cíleně plánované nutriční doporučení vyhodnocené pomocí TS

může také být nápomocné u pacientů, kteří jsou v rámci své nemoci dlouhodobě odkázaní na své lůžko, případně podstupují dlouhodobou časově a finančně náročnou léčbu mohou zamezit rapidnímu úbytku TH, podvýživě a nepoměru jednotlivých komponentů TS (Tada et al., 2023).

#### **2.3.4 Pohybová aktivita**

Adekvátní dávkování PA má za následek harmonický rozvoj ve všech ontogenetických obdobích života. Pohyb je tak nezbytnou součástí našeho života a vede k udržení nebo dokonce zlepšení pohybových schopností (Kudláček, 2015). Avšak fenomén sedavého způsobu života je v dnešní době rozšířeným trendem, který má za následek úbytek celkového množství PA. Kvůli stále se zrychlujícímu vědecko-technickému pokroku, který dnešní dobu uzpůsobuje právě sedavému způsobu života (Cobiac et al., 2009).

Vlivem pravidelné PA se naše TS mění a poměr jednotlivých frakcí se začíná lišit. Pravidelná PA snižuje podíl BFM a populace díky tomu dokáže předcházet neinfekčním onemocněním hromadného výskytu, která jsou způsobena zvýšením podílem BFM v těle (Kelley et al., 2019). Studie Soares et al. (2023) tyto názory podporuje a zároveň poukazuje na to, že intervence PA u populace s nadváhou či obezitou nezáleží tolik na intenzitě a charakteru vykonávané PA, jako spíše na celkovém množství. Tedy pokud se budeme orientovat po týdenních cyklech, tak budou mít větší efekt například aktivity střední intenzity, které budou trvat déle než PA s vysokou intenzitou v krátkém časovém intervalu. Ideální pro zlepšení TS je kombinace aktivit aerobního charakteru společně se sportovními činnostmi, které pracují s odporem, a právě tato kombinace má za následek efektivnější nárůst SMM a úbytku BFM. Při aktivitách s vysokou intenzitou se také můžeme obávat rizika zranění u netrénovaných jedinců s nadváhou a obezitou (Tada et al., 2023).

Avšak jakákoliv intervence v rámci PA bude měnit TS, což nutně nemusí znamenat snížení či zvýšení celkové TH (Wakahara et al., 2010). Tento názor podporuje studie Ohta et al. (2017), která taktéž uvádí, že bez většího zásahu do životního stylu a stravovacích stereotypů nemusí PA samotná výrazně snižovat TH. Pokud chceme cíleně snižovat TH pomocí PA je důležité se zaměřit na typ aktivity a celkový objem. Soustředit se pouze na určité svalové partie při cvičení bude mít jistý vliv na naše TS a změnu naší TH, ale díky kombinaci sportů a PA budou pozitivní změny v našem TS efektivnější (Abe et al., 2018). Jedním z důležitých faktorů u snižování TH a zlepšování našeho TS pomocí PA je konzistentnost. Pokud nás PA nebude bavit, pravidelnost pro nás bude těžší. Proto je třeba volit na základě osobních preferencí a našeho zdravotního stavu. Nicméně jakákoliv forma PA kladně ovlivňuje fyzický a duševní stav jedince (Kudláček, 2015). PA nemá však za následek pouze fyzické a vizuální dopady na těle jedince, ale

je i jedním z klíčových faktorů ovlivňující duševní stav jedince pozitivně (Mateo-Orcajada et al., 2024). Naopak nedostatečná PA může zapříčinit různá neinfekční onemocnění hromadného výskytu a působí tak na zdraví velmi negativním a komplexním způsobem. Při nedostatku PA se tak nejedná jen o změny TH, ale poměru jednotlivých složek TS (Vařeková et al., 2018).

Masový výskyt hypokineze lze datovat do druhé poloviny 20. století, tedy přibližně na konci 80. let. Díky technologickému vzestupu a modernímu způsobu života se setkáváme napříč všemi věkovými skupinami s pojmem hypokineze neboli nedostatkem pohybu, protože mnoho zájmových činností ve volném čase a pracovních pozic je v dnešní době koncipováno v sedě (Ohta et al., 2017). Dlouhodobě vykonávaná PA má zpravidla pozitivní dopad na poměr jednotlivých frakcí TS. Nicméně dlouhodobá tréninková zátěž bez dostatečné regenerace může mít i negativní dopad na TS u vrcholových sportovců, u kterých jsou kladeny vysoké nároky na výkon a estetiku. Jedná se o sportovce vytrvalostních disciplín nebo sporty kde hraje roli TH (soutěže s váhovými kategoriemi). Dlouhodobá tréninková zátěž může u těchto sportovců vést ke zdravotním rizikům spojených s nízkým zastoupením BF % v těle (Zajac-Gawlak et al., 2016). Pokud však bude třeba začít razantním způsobem měnit celkově TS nejefektivnějším možným způsobem, je důležité společně s pravidelnou PA je intervence v rámci stravovacích stereotypů. Změna svého celkového životního stylu s cílem zlepšit své TS tak, aby každý jedinec podle individuálních potřeb dosáhl optimálního poměru jednotlivých složek TS, které mohou mít dále za následek zlepšení zdravotního stavu psychického, fyzického a dále mohou vést k harmonickému rozvoji (Ma et al., 2020).

Přes veškeré benefity, které doprovází vykonávání pravidelné PA z dlouhodobého hlediska, má dopad na TS a nejedná se tak o zanedbatelnou proměnnou (Cobiac et al., 2009). PA u dospívajících a mladých dospělých je významnou součástí jak jejich fyzického, tak i psychického a sociálního vývoje. Studující, kteří VŠ vykazující pravidelnou PA, mají menší sklony k úpadku do depresivních a úzkostných stavů, nicméně i dospívající a ranně dospělí pravidelně sportující se potýkají s určitou mírou psychických problémů (Barbayannis et al., 2022). Psychické problémy, se kterými se potýkají dospívající a lidé v rané dospělosti, jsou v dnešní době často zapříčiněny širokou škálou možností, co mohou v životě dělat, a tak zároveň i nejistotou, co je čeká. Díky prakticky neomezeným možnostem, je složitější volba výběru a strachu z učinění „životních“ rozhodnutí vpřed vůči své budoucnosti. Dále pak se může jednat o celkovou digitalizaci životního stylu a neustálý přísun zpráv, informací a dat ze světa (Barbayannis et al., 2022; Sonnentag & Jelden, 2009). Na druhou stranu díky využívání mobilních aplikací a chytré elektroniky je zpřístupněno větší množství údajů pro cvičícího jedince a díky sledování kroků během dne můžeme předcházet obezitě, protože nás tyto

přístroje upozorňují na dosahování tréninkového objemu během dne či týdne, jak uvádí Barbayannis et al. (2022).

V důsledku COVID 19 kleslo celkové množství zájmu o PA, po opětovném otevření veškerého zázemí pro PA se tato věková skupina rozdělila víceméně na dva tábory, a to na jedince nejevící absolutní zájem o PA ve volném čase a naopak o nadšence pro trávení volného času mimo pohodlí svého domova a vykonávání PA (Elliott et al., 2023; Johnson et al., 2023). Mezi nynějšími dospívajícími a mladými dospělými se však setkáváme s větší mírou používání přístrojů na určení míry PA, začínajících u nejjednodušších krokoměrů. Díky těmto technologiím dokážeme z větší lehkosti monitorovat PA u těchto věkových skupin (Jařocha et al., 2024). Nicméně studie Kaplanová et al. (2018) uvádí, že je zapotřebí brát v potaz typ PA a její intenzitu, v případě že ji měříme počtem kroků.

## 2.4 Modely TS

Existuje několik modelů, jak pohlížet na TH jako celek. Na lidské tělo bylo pohlíženo dřív anatomicky složením z tukové tkáně, svalstva, kosti vnitřních orgánů a ostatních tkání. Nebo z chemického hlediska, kdy je TS vnímáno na základě tuků, bílkovin, sacharidů, minerálů a vody (Currier et al., 2019). Jednotlivé komponenty jsou uspořádány do jednotlivých modelů a společně tvoří daný typ složení. Každý model má svůj určitý počet měřených komponentů, přičemž s vývojem se už nepohlíží pouze na dva základní modely, ale s postupným technologickým vývojem se mimo anatomický a chemický model rozšířily o další tři, a to o buněčný, tkáňový a celotělový, které se v dnešní době využívají k odhadu TS (Malá et al., 2023).

### Anatomický model

Z tohoto hlediska je pohlíženo na lidské tělo jako na organismus složený z jednotlivých prvků. Tato analýza byla prováděna až na mrtvém těle chemickým procesem, TH se skládala z 98 % z prvků: vápníku, fosforu, vodíku, uhlíku, kyslíku a zbylé dvě procenta hmotnosti náležely dalším 44 prvkům (Heymsfield et al., 2005; Riegerová et al., 2006).

### Molekulární model

Tento model vnímá jedenáct základních prvků, které vytváří molekuly představující přes sto tisíc jednotlivých sloučenin tvořící lidské tělo. Většina pozornosti je právě směřována na lipidy, vodu, proteiny, minerály a glykogen, jako na hlavní komponent lidské hmotnosti (Heymsfield et al., 1997).

### Buněčný model

Model soustředící se na předpoklad lidského těla jakožto spojení molekulárních komponent buňky, kde se TH vyjadřuje v následujícím vzorci tímto způsobem pomocí jednotlivých komponentů:

TH = BM + ECT + ECPL, s tím že:

BM – svalové, pojivové, epiteliální, nervové buňky;

ECT – plazma a intersticiální tekutina (tvořena výhradně vodou z 94 % a zbytkem organické a anorganické látky)

ECPL – organické látky (Riegerová et al., 2006).

### Model tkáňově-systémový

Je založen na organizaci molekul do samotných tkání tukových, svalových a kostních. TH vychází součtem jednotlivých systémů muskuloskeletálního, kožního, nervového, respiračního, oběhového, zažívacího, vyměšovacího, reprodukčního a endokrinního s tím, že tato metoda vychází ze studií na mrtvých tělech (Heymsfield et al., 2005).

### Celotělový model

Jedná se o antropometrická měření zjišťována pomocí Sta, TH, rozměrů délkových, šířkových společně s měřením kožních řas, objemu a denzity těla. Jedná se o model, který se dále v klinické a antropologické praxi dělí podle počtu měřených komponentů na dvou-, tří-, nebo čtyřkomponentový (Riegerová et al., 2006). Nejpoužívanější model je dvoukomponentový, jak z hlediska praktického, tak i z klinického, tělo je děleno na BFM a FFM. „Lean body mass“ (aktivní tělesná hmota) se i v dnešní době stále používá u měření. Představuje totiž FFM společně s esenciálními tuky, které však nelze od neesenciálních tuků rozlišit, a proto je doporučeno využít koncept FFM, což je hmotnost tkáně bez tukové složky (Sofková & Přidalová, 2016). Tříkomponentový model měří tuky, sušiny (minerály a proteiny) a vodu, prakticky se však jedná o BFM, SMM a kostní tkáň jako tři komponenty v rámci měření TS. Poslední čtyřkomponentový model rozděluje FFM a rozlišuje na extracelulární tekutiny, buňky a minerály, protože FFM má relativně konstantní chemické složení a k tomu měří množství tuku v rámci TS (Riegerová et al., 2006).

## 2.5 Metody pro určení TS

V dnešní době existuje velké množství metod pro určení TS. Každá metoda má své výhody a také nevýhody, co se týče dostupnosti, přesnosti a náročnosti. Při volení jednotlivých

metod, díky kterým určíme TS, je zapotřebí neopomíjet jednotlivé faktory, jako je např. přesnost. Díky ní dokážeme určit TS, protože měříme za určitým účelem, proto je vždy lepší pro správný výběr metody konzultace s experty podle jednotlivých cílů, může se tak jednat o lékaře nebo naopak o certifikovaného fitness odborníka případně trenéra (Klement et al., 2023). Finanční náročnost společně s dostupností mohou hrát zásadní roli při výběru metody pro změření TS, protože abychom dosáhli předem určených nebo zdravotně doporučených cílů, je zapotřebí měřit pravidelně a monitorovat veškeré změny na TS, přičemž výsledky budou vždy ovlivňovat faktory mimo samotné měření, jako je změna jídelníčku, objem a intenzita PA v rámci jednotlivých cyklů (Kitamura et al., 2021).

Metody, podle kterých můžeme stanovit parametry TS, můžeme rozdělit na laboratorní metody a metody terénní. Technickou dostupností a náročností co se týče odbornosti obsluhy a finančního zabezpečení jsou metody laboratorní limitovány, řadí se mezi ně např. DEXA nebo Bod Pod metoda (Pastucha et al., 2014). Zatímco terénní metody, jejichž využití v rámci určení TS jsou častějšími a dostupnějšími než metody laboratorní, díky snížené časové, finanční a technické náročnosti, řadíme zde hydrostatické vážení, kaliperaci, 3D scan a metodu BIA (Zhou et al., 2019).

### **2.5.1 Duální rentgenová absorpciometrie (DEXA)**

Jedná se aktuálně o jednu z nejrozšířenějších metod a je taktéž považována za jednu z přesnějších metod pro změření jednotlivých komponentů TS. Měří FFM, BF a minerální hustotu kostí na základě rentgenového záření. Díky detailněji zprávě o distribuci tuku a jeho následném rozlišení na viscerální a podkožní, se jedná o jednu z přesnějších metod (E. J. Lee et al., 2010). DEXA je jednou z přesnějších metod pro měření, avšak její dostupnost není tak široká jako u jiných metod, většinou ji najdeme ve zdravotnických zařízeních, protože jednou z velkých výhod u měření pomocí DEXA je diagnostika osteoporózy (Zhou et al., 2019). Jsou zde však faktory ovlivňující výsledky, v případě DEXA se jedná o množství tekutin a potravin přijatých za den, taktéž kovové části, které jsou v našem těle.

### **2.5.2 Pletysmografie (Bod Pod)**

Je jednou z nejnovějších metod na trhu v rámci přesného změření TS. Metoda s anglickým názvem „air displacement plethysmography“ (ADP) denzitometrie celého těla pro určení BFM a FFM. Touto metodou celotělové denzitometrie je založeno na určení hustoty těla pomocí TH a objemu, přičemž metoda vyhodnotí procentní a absolutní obsah BFM a SMM. Bod Pod mimo jiné určí klidový a celkový energetický výdej (Dempster & Aitkens, 1995). Jedná se o

rychlou a neinvazivní metodu, kterou může být měřena většina populace, oproti hydrostatickému vážení, u kterého je složitější zajistit hladký průběh. Nicméně Bod Pod přístroje jsou ještě v menším měřítku rozšířené než hydrostatické vážení, tím pádem tato metoda, není zatím využívána tak často jako ostatní metody (Biaggi et al., 1999).

### **2.5.3 Hydrostatické vážení**

Při této metodě se měří TS mimo vodní prostředí a následně pod vodou, tato metoda využívá princip vztlaku, při měření objemu pod vodou je tělo nadlehčováno vzduchem nacházejícím se vně člověka v jeho dýchacích cestách a plicích. Pro zjištění tělesného objemu se pod vodou veškerý vzduch snažíme dostat pryč. Hydrostatické vážení tak určuje tělesnou hustotu jedince za pomoci váhy a objemu, díky které je pak odvozován BF a FFM, avšak pro náročnost samotného měření, vhodného prostředí, dostupnosti a veškerých potřebných zařízení, není tato metoda oproti ostatním tak často užívaná (Wagner & Heyward, 1999).

### **2.5.4 Kaliperace**

Měření kožních řas je jedním z nejlépe dostupných způsobů pro změření množství podkožního tuku, od kterého se pak odvozuje procentuální zastoupení celkového BFM. Jedná se o rychlou a lehce dostupnou metodu pro měření TS v terénních podmínkách. Ovšem z výše uvedených metod se nejedná o nejpřesnější metodu, nicméně přesnost odhadu se částečně odvíjí od zkušenosti člověka, který měření provádí. Limitujícím faktorem je také odchylka při kompresi měření jednotlivých míst, společně s rozložením BFM u každého jednotlivce. Kožní řasa se měří na konkrétních částech těla, posléze se všechny hodnoty sečtou a díky rovnicím pro odhad BFM se odvozuje finální výsledek, určitou roli hraje věk a pohlaví (Lohman, 1981). Měření kožních řas se nejeví jako vhodná pro užití u morbidně obézních jedinců, protože nadměrný podkožní tuk může ztěžovat přesné uchopení a následné měření kožní řasy, což může vést k nepřesným výsledkům, avšak ve sportovním prostředí je tato metoda stále lehce dostupná, jednoduše měřitelná pro rychlé výsledky, které potřebuje například trenér zjistit o svých svěřencích (Sikaris & Yen, 2013).

### **2.5.5 Metoda 3D scan**

Jedna z moderních a pokročilých technologií, která ještě není v rámci měření TS jednou z těch dostupnějších. Pro určení TS pomocí této metody je zapotřebí naskenovat 3D model člověka a znát jeho TH pro vyhodnocení výsledků. Tato metoda využívá speciální skenovací zařízení, které nám vyhodnotí s vysokou přesností proporcionalitu jednotlivých segmentů a

vytvoří podrobný trojrozměrný model povrchu těla (Tian et al., 2023). Pro vyhodnocení parametrů BF a FFM tato metoda pracuje s celkovým objemem na základě TH a poměru jednotlivých tělesných segmentů. Rovnice, díky kterým je vyhodnocováno TS, jsou založeny na populačních průměrech a statistických modelech. Metoda 3D scan za poslední roky podstoupila srovnávací testování s ostatními přístroji pro měření TS v rámci spolehlivosti a přesnosti měření se metoda jeví jako spolehlivá pro odhad TS (Merriman et al., 2023). Využitím metody 3D scan společně s jinou z výše uvedených metod, se můžeme dopracovat k přesnějším výsledkům v rámci vyhodnocení TS (Merriman et al., 2023; Tian et al., 2023). 3D scan je výborným nástrojem pro určení proporcionalit člověka a obvodů jednotlivých segmentů. Jedná se o neinvazivní, rychlé a přesné měření. Tato metoda je ovlivnitelná držetím těla, jelikož v určitých partiích při nesprávném držení těla je měkká tkáň stlačena nebo naopak expandovaná, což se může projevit na zpracovaném 3D modelu, stejně tak jako veškeré oblečení mimo spodní prádlo (Merriman et al., 2023).

## **2.6 Bioelektronická impedance (BIA)**

Tato metoda využívá nízkofrekvenční elektrický proud v tělesných tkáních. BF je spíše izolátorem vytvářejícím větší odpor, elektrický proud tak BF neprochází tak snadno, zatímco FFM je lepším vodičem díky tomu, že obsahuje větší množství vody a elektrolytů oproti BF, a právě na tomto principu odlišností elektrických vlastností jednotlivých tkání spočívá toto měření (Klement et al., 2023). Jedná se o rychlou a v rámci možností i v celku přesnou metodu. Je zde však několik faktorů, které ovlivňují měření, patří mezi ně TH, věk, pohlaví, etnicita, avšak výrazně dokáže výsledky ovlivnit i míra hydratace neboli dehydratace, případně nadměrné množství přijatých tekutin. BIA, je detailněji popsána v kapitole metodika, avšak v rámci srovnání se jedná o metodu, která je dnes jednou z nejrozšířenějších a disponuje jí většina laboratoří nejen klinických zařízení, nicméně není tak přesná jako například DEXA nebo hydrostatické měření, ale při dodržení standardizovaných podmínek dokáže stále vytyčit přesné výsledky v rámci měření TS celkového i jednotlivých segmentů (Lee et al., 2010). BIA metoda je v dnešní době stále rozšířeným způsobem, jak neinvazivně a levně měřit TS, a to jak u jedinců bez zdravotních závad, tak i u lidí s různými klinickými diagnózami, i přesto je zde střípek probandů, jejichž stav by zkresloval výsledky. Jedná se tak o ženy v ranném období těhotenství, osoby s implantáty jako je například kardiostimulátor, případně skupina lidí užívajících léky ovlivňující vodní režim organismu (Boughman et al., 2019).



### **2.6.1 Tělesná hmotnost (TH)**

TH se hlavně skládá z BF, FFM, z kostních minerálů a kostní denzity. Studie ukazují u sportovců BFM jako faktor, který může ovlivnit a zvýšit riziko poranění při větším procentuálním zastoupení v jednotlivých tělesných segmentech (Currier et al., 2019; Zhang et al., 2023). FFM nám na druhou stranu může pomoci jako potenciální ukazatel determinující maximální silotvornou kapacitu jednotlivých tělesných segmentů a dokáže nám pomoci k identifikaci talentu a řízení TH (Abe et al., 2018). FFM může sloužit částečně jako parametr, díky kterému se dá odhadnout klidový energetický výdej. Sběr těchto informací zkoumajících jednotlivé komponenty je tak užitečnou součástí identifikujícího potenciálu jednotlivých sportovců. Můžeme navrhnout trénování jednotlivých segmentů tak, aby TS jednotlivce účelně snižovalo riziko poranění a zároveň rozvíjelo potenciál schopnosti.

TH samostatně jako hodnotící parametr je velice obtížné využít. Proto je nutné vyhodnotit jednotlivé komponenty (frakce), které jsou v rámci exogenních faktorů v běžném životě ovlivňovány například PA (Shahinfar et al., 2023). Díky tomu, že dokážeme rozčlenit TH na jednotlivé složky, se přiblížíme ke zdárnému určení OTH a dále se můžeme orientovat i příp. pomocí somatických indexů. Ovšem somatické indexy neboli zdravotní ukazatele TS jsou pouze orientačním nástrojem, které nedokáží komplexněji posoudit TH v souvislostech metabolických onemocnění, vyššího pohybového zatížení nebo s poruchami příjmu potravy, nicméně dokáží prognosticky identifikovat problém (Chang et al., 2023). Při interpretaci BFM a FFM se nesoustředíme pouze na celkovou absolutní hodnotu, ale zaměřujeme se na jednotlivé segmenty těla a jejich zastoupený poměr BFM a FFM (Zhang et al., 2023). Studie však ukazují, že je zde jistý bod zlomu, při kterém roste nebo klesá poměr mezi BFM a FFM podle sportovního zaměření. Tento bod zlomu bude odlišný v jednotlivých segmentech těla, protože pokles tukových buněk v oblasti horních končetin je náchylnější na rychlejší úbytek (Currier et al., 2019; Ohta et al., 2017). Studie ukazují, že je zde možná a nepravidelná existující horní hranice lineárně zvětšujícího se podílu kumulace SMM vůči celkové TH jedince. V rámci jednotlivých segmentů jsou hypertrofické reakce větší u končetin horní poloviny těla než u SMM dolních končetin (Abe et al., 2018; Ohta et al., 2017; Wakahara et al., 2010). Studie Ohta et al. (2017) říká, že u sportovců do určitých váhových kategorií mají daleko menší poměr BFM a FFM v rámci celkové TH, to může být zapříčiněno jak povahou vykonávaného sportu, tak i genetickou vybaveností jedince. U vysoce trénovaných jedinců může být celková TH jistým východiskem při tvoření tréninkových plánů podle stanovených cílů (Detanico et al., 2020). Při určování těchto poměrů a jejich „bodů zlomu“, který v tomto případě můžeme chápat jako zvětšení TH, to ale nemusí nutně být negativně interpretováno, a proto nesmíme pominout

výšku, kdy takzvaný „bod zlomu“ může být ovlivněn i tímto faktorem a zda se tak může jednat o jeden z limitujících faktorů (Abe et al., 2018).

### **2.6.2 Celková tělesná voda (TBW)**

Je považována jako klíčová složka TS, pokud TS určujeme pomocí metody BIA. TBW tak tvoří okolo 60 % lidského organismu, u kojenců, batolat a dětí jen tento procentuální podíl o něco větší, zatímco s přibývajícím věkem a v období stárnutí procentuální podíl vody v lidském těle klesá. Nejnižší hodnoty se mohou pohybovat okolo 40 % (Katsura & Kotani, 2023). Největší množství TBW je obsaženo v krvi a ostatních tělních tekutinách, dále pak ve svalové tkáni nebo kůži, procentuálně menší zastoupení vody se nachází v tkáni tukové a kostech samotných.

Funkce TBW v lidském těle má nezastupitelné funkce jako transportní médium, ve kterém se rozpouští určité enzymy a živiny. TBW se závazně taktéž podílí na udržení homeostázy jako dynamicky rovnovážného vnitřního prostředí v lidském těle, například v rámci termoregulace či metabolických procesů skrz oxidační a redukční děje díky kterým je organismus schopný vytvářet potřebnou energii (Bibi et al., 2023). Dostatečný přísun tekutin je klíčovým pro správné působení ledvin, které jsou hlavním regulátorem ztráty vody (Dimova et al., 2020). Nedostatečný i nadměrný příjem vody je vždy doprovázen hormonálními změnami systému renin-angiotenzin-aldosteronu a přispívají tak k tlumení negativního účinku těchto jevů. Jsou zde patrné rozdíly hodnot TBW mezi pohlavími na základně zastoupení BFM. Ženy mají v dospělosti vyšší zastoupení BFM v oblasti ledvin a prsou a mají tak menší podíl TBW, jejichž hodnoty se pohybují okolo 50–55 %, zatímco u mužů je tato hodnota větší, okolo 55–60 % (Barbayannis et al., 2022).

TBW v lidském těle se dělí na dvě části, většinu vody tvoří ICW, která je v zastoupení přibližně 40 % v lidském těle nacházející se uvnitř buněk organismu. Naopak ECW je vně buněk a tvoří asi 20 % celkového objemu vody v lidském těle. Tato tekutina se právě podílí na stálosti dynamicky rovnovážného prostředí. Poměr těchto tekutin se během života mění, tak jako je rozdílný poměr i mezi pohlavími. Pohyb tekutin v rámci udržení homeostázy a tedy termoregulaci a povrchové teplotě kůže může taktéž ovlivnit výsledky měření (Thomas et al., 1992). TBW pomocí BIA mohou být také ovlivnitelné svalovým glykogenem, tedy jeho množstvím, dále pak anaerobním zatížením organismu v rámci PA případně příjmu potravy a s nedostatečným časovým odstupem pro regeneraci organismu a optimalizování energetických zdrojů může docházet k podhodnocování hodnot měření (Boughman et al., 2019). TBW, respektive optimální hydratace organismu jako složka TS v rámci měření pomocí BIA, dokáže ovlivnit výsledky měření. Je tak důležité pracovat s touto složkou a sledovat doporučené

procentuální hodnoty v rámci měření TBW a jejich jednotlivých složek ECW a ICW (Kinkorová & Vrba, 2015).

### **2.6.3 Tělesný tuk (BFM)**

BF je jedním z jednoduše proměnných složek TH, protože se dá lehce ovlivnit PA a správnými stravovacími návyky. Pokud se ve velkém množství kumuluje BFM, může tento faktor zapříčinit obezitu. Nízký podíl BFM nese ale také určitá rizika (Parra-Peralbo et al., 2021). I přes to, že se jedná o pasivní zásobárnu energie, je zde hned několik faktorů, které určují metabolické vlastnosti tuků, a to sice množstvím BFM, lokalizací (viscerální či podkožní tuk) a formy BFM. Příliš nízké hodnoty BFM, mohou doprovázet nesprávné fungování orgánů, pro správné fungování vnitřního prostředí organismu je důležité určité procento BF % (Gallo et al., 2021). Zatímco vysoký podíl podkožního tuku v celkovém TS může zapříčinit řadu komplikací spojených se zdravotním stavem jedince, a to zvýšený krevní tlak nebo může být příčinou rozšířeného neinfekčního onemocnění hromadného výskytu jako je například diabetes mellitus II. Obézní jedinci mají dále problém s poruchami správného držení těla a celkově ortopedickými problémy, které jsou úzce spjaty taktéž s psychosociálními poruchami (Takai et al., 2020).

Díky tukům se v těle vstřebávají určité vitamíny a minerály. Jedná se tak zároveň i o pojivovou tkáň, kterou dále můžeme dělit na dvě základní formy, a to bílou a hnědou tukovou tkáň. Hnědá tuková tkáň je ve větším zastoupení u novorozenců, je vysoce metabolizující a její funkce je zejména termoregulační, zatímco u dospělé populace nenabírá většího významu (Parra-Peralbo et al., 2021). Na druhou stranu bílá tuková tkáň má nejdůležitější vlastní tukové buňky tedy adipocyty. Jedná se o buňky tukové tkáně, bohaté na rezervoáry energie, které však díky negativním změnám v jídelníčku (například razantní změny v příjmech sacharidů) mění velikost a s tím i metabolické vlastnosti (Wayne et al., 2020). Dále pak v rámci metabolismu rozlišujeme bílou tukovou tkáň na podkožní a viscerální, které závisí na anatomické lokaci. Podkožní tuk může do určité míry zabraňovat před specifickými aspekty metabolických dysfunkcí a zároveň se podílí na tepelné izolaci. VFA je aktivnější v rámci metabolismu, nicméně vysoký nárůst VFA zapříčiňuje zvýšené riziko metabolických komplikací, problémy spjatými s kardiovaskulárním systémem případně diabetes mellitus. Nicméně studie Wayne et al. (2020) poukazuje na fakt, že každý jedinec má rozdílné rozložení adipocytů v organismu každého jedince.

Nové studie ukazují, že dále mimo bílé a hnědé tukové buňky máme v organismu, tukové buňky béžové, které se podobají tukovým buňkám hnědým se zvýšeným obsahem

mitochondrií, avšak tyto buňky navzdory odlišným funkcím vůči bílým a hnědým tukovým buňkám jsou reakčními na určité fyziologické potřeby každého jedince, a proto jsou tyto buňky adaptivní. Podle potřeby se v dané situaci mohou zachovat stejně jako tukové buňky bílé nebo hnědé (Wayne et al., 2020). Chronická potřeba termogeneze bude u těchto buněk vyvolávat zhnědnutí, zatímco optimální energetická bilance organismu bude u těchto buněk vyvolávat bělení. Rozdílné signály tak po narození působí na tyto buňky a určují diferenciaci v dospělosti. Přechod běžových buněk v buňky bílé může ovšem budovat prostředí pro základ kachexie a oslabit organismus, s čímž může souviset i rakovina (Torres et al., 2015).

Rozložení BFM v jednotlivých tělesných segmentech mezi muži a ženami je rozdílný napříč věkovými kategoriemi, s tím že s přibývajícím věkem také u obou pohlaví množství BFM roste, nicméně s tím rozdílem, že se méně BFM ukládá v oblasti končetin a více v oblasti trupu (Takai et al., 2018). Mezipohlavní rozdíly v rozložení BFM v jednotlivých segmentech jsou patrné již na začátku období puberty, avšak rozdíly jsou znatelné v období adolescence a dospělosti. Mužům se tak zpravidla ukládá více BF v oblasti hrudníku, břicha a zad, zatímco u žen to je naopak v oblasti pasu a na horních končetinách. Jak již bylo zmíněno, určité procentuální zastoupení BF % je však nezbytné k tomu, aby organismus fungoval správně (Gallagher et al., 1996). U běžné populace doporučené zastoupení BFM je rozdílné na základě pohlaví, u mužů se uvádí rozmezí mezi 10–20 % BF z celkového TS a u žen 18–28 %. BF % zastoupený nad hodnoty 25 % u mužů a u žen 29 % se považuje jako hodnota charakterizující obezitu. Při posouzení obezity na základě distribuce BFM, zda se jedná o androidní nebo gynoidní obezitu, v oblasti abdomenu nebo naopak hromadění BF v oblasti boků a stehů, nám může posloužit výpočet poměru pasu k bokům neboli tzv. WHR index, při kterém hodnoty u žen 0,85 a u mužů 0,95 jsou hraničními (Hajar et al., 2011).

#### **2.6.4 Tukuprostá hmota (FFM)**

Jedná se metabolicky aktivní tkáň a orgány, které jsou tvořeny svalstvem, pojivovými a opěrnými tkáněmi a vnitřními orgány, poměr se mezi sebou procentuálně mění na základě věku a množství PA (Lukaski et al., 1985). Svalová tkáň je rozdělena mezi tři podkategorie na příčně pruhované svalstvo, hladké svalstvo a svaly myokardu. Jedná se o tkáň a orgány, které obsahují více vody a elektrolytů a mají tak celkově větší vodivost, což je důležité pro měření pomocí BIA, která pracuje s nízkofrekvenčním elektrickým proudem.

Jak ukazují studie (Abe et al., 2018; Midorikawa et al., 2007; Takai et al., 2020) FFM vysoce koreluje s TH. Při zvyšování TH má tendenci se zvyšovat i FFM, ovšem se nejedná o lineární vztah. Zvyšování FFM je ovlivněno několika faktory, mezi které se řadí genetická

predispozice, stravovací návyky a pravidelná PA (především objem a intenzita). Na druhou stranu celková není pravidlem změna TH jedince v závislosti na zmíněné faktory, ale může se měnit pouze poměr zastoupené FFM a BFM. TH tedy může zůstat beze změn a narůstá FFM a snižuje se BFM, při pravidelné PA (Wakahara et al., 2010). Sportovci zpravidla mají vyšší zastoupení FFM a nižší BFM oproti běžné populaci. Sportovci jsou specifickou skupinou populace. TS sportovců se však bude lišit v důsledku sportovního zaměření. Díky segmentálnímu měření jsme schopni určit zaměření sportovců provozující stejný sport. Prostřednictvím poměru složek TS v jednotlivých segmentech můžeme zjistit dané zaměření sportovce. Například u plavců můžeme odvodit plavecký způsob. To vše pomocí poměrů FFM a BFM v jednotlivých segmentech a celkových rozdílech v TS. Jedná se tak o významné diagnostické kritérium v rámci segmentálního rozvoje svalstva (Takai et al., 2020).

Během ontogenetického vývoje dochází ke změnám FFM. Nejedná se však pouze o pokles nebo nárůst, ale také se mění distribuce FFM v těle. Poměr FFM se nemění pouze celkově, ale i v jednotlivých tělesných segmentech. K nejrychlejšímu nárůstu dochází v období puberty, v dospělosti se poměr jednotlivých složek TS stabilizuje. V případě stáří je zapotřebí pravidelně vykonávat PA a zdravě se stravovat pro udržení optimálních hodnot především FFM a BFM (Ohta et al., 2017). Do zhruba 20 let silové schopnosti narůstají, jedná se o nevýraznější změny FFM. Zhruba od 40 let může docházet k opačné změně, a tedy k postupné regresi u jedinců s minimální PA a celkově „špatným“ životním stylem. Od 30 let u běžné populace dochází k nárůstu BFM a k úbytku FFM. K celkovému úbytku FFM od 30 let dochází na základě začínajícího doprovodného procesu zvaného sarkopenie neboli úbytku SMM. Silový potenciál tak může klesat v případě nedostatku PA. Rozdíly v poměrech BFM a FFM může vést ke změnám bazálního metabolismu (Gallagher et al., 1996). V rámci dospívání však studie Mateo-Orcajada et al. (2024) uvádí, že rozdíly mezi pohlavími při nárůstu SMM jsou způsobeny dosažením nejvyšší možné koncentrace růstových a pohlavních steroidních hormonů, což je faktor, který významným způsobem ovlivňuje svalovou hmotu.

Pro hodnocení FFM využíváme zdravotní ukazatel TS, kterým je FFMI. Ten byl původně navržen jako prostředek určující proteinové zásoby a jejich nedostatek během hladovění či nevyvážené stravy společně s detekcí anabolických androgenních steroidů u mužů při sportech zaměřujících se na rezistenci. Studie ukazují, že tento index můžeme využít k identifikaci sportovního potenciálu u jedince, na základě doporučení ideální soutěžní a tréninkové hmotnostní kategorie (Abe et al., 2018). Tyto faktory jsou tak odvoditelné schopností nárůstu FFM sportovce, díky tréninkovému plánu a výživovým intervencím (Nawai et al., 2021).

### **2.6.5 Buněčná hmota (BCM)**

BCM je komponentou TS, jež obsahuje nitrobuněčnou vodu a bílkoviny v orgánech. Jedná se tak o jednu z metabolicky aktivních komponent, udává se okolo 40 - 50 % u mužů a 35 – 45 % u žen buněčné hmoty k TH a souvisí s FFM jako takovou (Gallagher et al., 1996). Stejně tak jako u FFM, BCM do určitého věku v rámci ontogenetických období roste a od určitého věku při nesprávném stravování a nedostatku PA může hodnota našeho BCM klesat. Rozdíly nalezneme i mezi pohlavími mezi mužem a ženou, kteří měli stejný obsah FFM a naopak měli rozdílné hodnoty BCM, ženy tak měly nižší zastoupení BCM (Lu et al., 2023). S přibývajícím věkem tato hodnota klesá. Studie Lu et al. (2023) dále uvádí, že ženy v období stáří mají nejmenší podíl BCM v závislosti na FFM. Při úbytku BCM může docházet k tomu, že narůstá množství mimobuněčné hmoty (ECM) tvořená z ECW a ECS. V rámci hodnocení jedince během tréninkové cyklu může být zajímavým ukazatelem, v kontextu množství tukuprostých metabolicky aktivních složek na efektivitu zatížení po tréninkových jednotkách. Díky změnám v poměru ECM/BCM, který tak u SMM představuje jeho „kvalitu“ zastoupených složek (Kinkorová & Vrba, 2015).

## **2.7 Zdravotní ukazatelé TS**

Zdravotní ukazatele TS můžeme chápat jako indexy, které se vypočítávají pomocí parametrů jednotlivých frakcí v závislosti na výšce.

BCMI je standardizovaným způsobem pro vyhodnocení BCM v TS, tento ukazatel je důležitý pro hodnocení buněčného zdraví jedince. Rozdíly v poměru BCM mohou indikovat a změny v metabolismu, imunitě, případně nárustu svalové hmoty u jedince (Currier et al., 2019). Metabolicky aktivní buňky hrají klíčovou roli v metabolismu jedince, díky BCMI můžeme monitorovat deficit, případně buněčnou dysfunkci (Perna et al., 2018). Správná intervence pomocí změn ve stravovacích stereotypech a doporučení ke zvýšení PA zlepšují buněčné zdraví a metabolické funkce (Rondanelli et al., 2018). Vyšší BCMI zpravidla indikuje lepší metabolickou aktivitu. BCMI je prognostickým nástrojem, díky kterému můžeme optimalizovat nutriční potřeby, tréninkové zatížení za cílem zlepšit zdravotního stav jedince (Perna et al., 2018; Rondanelli et al., 2018).

Index hmotnosti kosterního svalstva (SMMI) je využíván k posuzování množství SMM k poměru k druhé mocnině Sta. Díky vysokému SMMI můžeme mimo jiné hodnotit kvalitu životního stylu nebo zdravotního stavu jedince na základě jeho SMM. Se zvětšujícím se množstvím SMM vidíme jednak účinek tréninkového procesu u jedince, tak další správně fungující faktory, mezi kterými je například strava a spánek. Nicméně SMM má svůj limit růstu

na základě genetických předpokladů (Arao & Yajima, 2024). Naopak nízký SMMI k výškovému poměru, může naznačovat několik problémů spojených s malým zastoupením SMM. Problémy spojené s nízkým SMM mohou být například rizika spojená s metabolismem nebo funkční omezení (omezená pohyblivost a výkonnost). Studie Chang et al. (2023) poukazuje na to, že snížené hodnoty SMMI mohou být jednou z příčin dřívějších úmrtí u starší populace, nejedná se tak o index, který by se měl využívat pouze u specifických skupin, ale i u běžné populace (Oshita & Myotsuzono, 2021). Řadíme tak jednotlivce s ohledem na pohlaví do tří základních kategorií SMMI a to sice: s nízkým, průměrným a vysokým množstvím SMM (Baumgartner, 2000).

Index tukové složky (BFMI) jehož užití v kontextu zdravotního ukazatele TS může být užitečný pro hodnocení zdravotních rizik souvisejících s nadměrným množstvím BFM nebo naopak s nízkým množstvím. Studie Shimada et al. (2023) upozorňuje na konkrétní rizika při nízkém BFMI u dýchací soustavy může docházet k plicnímu emfyzému. Pro správné fungování svalové práce a vykonávání PA je důležitý BFM. Optimální BFM pozitivně koreluje s trváním PA napříč generacemi. Studie Tou et al. (2022) ukazuje, že v období stáří vysoké SMMI ale nízké BFMI zapříčiňovaly kratší trvání svalové aktivity než u jedinců se stejně vysokým SMMI, ale optimálním BFMI. Jedná se tak o důležité zdravotní ukazatele TS, které nejsou určeny pouze pro sportovce, ale jsou spojeny i se „zdravým stárnutím“ (Tou et al., 2022). Kategorie BFMI se dělí na tři základní kategorie s ohledem na pohlaví. Kategorie s průměrným BFMI je u mužů rozmezí 1,8–5,1 kg/m<sup>2</sup> a u žen 3,9–8,1 kg/m<sup>2</sup>. Nižší BFMI indikují nedostačené množství BFM a mohou zde hrozit zdravotní rizika. Vyšší BFMI, které je nad průměrným BFMI u mužů a žen je dále hodnoceno jako s velkým zastoupením BFM. V případě s vysokým BFMI mohou hrát roli zdravotní rizika spojená s vysokým obsahem BFM v celkovém TS (Gába et al., 2014).

FFMI zdravotní ukazatel TS, který posuzuje celkovou hmotnost FFM, zahrnující také SMM kosti a orgány. Obecně při vyšším FFMI indikují větší množství SMM v poměru Sta. FFMI je tak jedním z často využívaných ukazatelů ve sportovním prostředí. S pravidelným měřením TS tak dokážeme posuzovat efektivitu, tréninkových cyklů a sledovat změny organismu. Ale jak ukázala studie Takai et al. (2020) i tento index má svou horní hranici a nejedná se tak o stálou lineárně se zvětšující hodnotu v poměru k OTH a je zde určitý bod zlomu nárůstu FFM. Doporučuje se sledovat zdravotní ukazatele TS FFMI a BFMI u dětí a mladistvých k posuzování správného růstu a případné intervenci v rámci stravy a pohybu, pokud je FFMI příliš nízké nebo vysoké (Shypailo & Wong, 2020). FFMI umožňuje porovnávat TS mezi jednotlivci i přes různou stavbu těla a jejich Sta. Můžeme se pomocí FFMI vyvarovat zkreslenému zařazení podle kategorií BMI u specifické skupiny jako jsou například sportovci. FFMI nám tak může pomoci při odhadu možného sportovního potenciálu u jednotlivce díky pravidelnému monitoringu TS.

Díky zdravotním ukazatelům TS můžeme porovnávat jedince ve specifické skupině. Daní jedinci mohou být rozdílní základními antropometrickými parametry (TH, Sta) (VanItallie et al., 1990).

Kategorie zdravotních ukazatelů TS berou ohled na pohlaví, jelikož u běžné populace ženy v rámci biologických předpokladů budou mít rozdílné zastoupení jednotlivých složek TS než muži. Zdravotní ukazatele TS by neměly být interpretovány samostatně, protože každý index pracuje s absolutní hodnotou jednotlivých komponent TS. Normy jednotlivých ukazatelů se taktéž mohou lišit v závislosti na faktorech jako jsou pohlaví, věk a etnický původ, ale i individuální zdravotní stav a individuálních cílů jedince. Etnický původ je v rámci ukazatelů TS jedním z klíčových faktorů, jak napovídá většina studií (Chang et al., 2023; Shimada et al., 2023; Shypailo & Wong, 2020). Tento názor podporuje průřezová studie, která se zaměřuje na děti a mladistvé z Číny, u kterých byly alarmující nízké hodnoty BFMI a FFMI ve srovnání s evropskými referenčními hodnotami. Za normálních podmínek u populace nacházející se v oblasti střední Evropy byla doporučena následná intervence. Nicméně dívky a mladistvé ženy, kterých se toto měření týkalo, byly při dalších testech bez jakýchkoliv zdravotních rizik (Shypailo & Wong, 2020). Při interpretaci hodnot jednotlivých indexů se nelze pouze soustředit jeden zdravotní ukazatel TS, ale je zapotřebí interpretovat výsledky komplexně k celkové analýze jedince. Zdravotní ukazatele TS jsou při pravidelném měření a správné interpretaci mohou být výhodné hned z několika hledisek. Z pohledu hodnocení zdravotního stavu můžeme předcházet rizikům spojeným s nízkým nebo vysokým u jakéhokoliv indexu, pomocí nutričních a pohybových intervencí (Cairney & Veldhuizen, 2017). Indexy TS mohou být výhodným ukazatelem celkového stavu populace při srovnávacích výzkumech. Výzkumy, které se zaměřují vztah mezi různými neinfekčními onemocněními hromadného výskytu a TS. Pomocí těchto výzkumů můžeme zjišťovat efektivitu intervencí v podobě množství PA nebo zásahu do stravovacích stereotypů v závislosti na neinfekčními onemocněními hromadného výskytu (Tada et al., 2023).

## 2.8 Fitness score

Fitness score poskytuje hodnocení TS pomocí bodů. Toto hodnocení na základě obdrženo počtu bodů bylo do systému zpracované konstruktéry přístroje InBody 720 při měření TS. Jako parametr znázorňující tělesnou zdatnost díky analýze MF-BIA je založen na poměru SMM a BFM vzhledem k TH u měřené osoby (Lee et al., 2010). Po dokončeném měření TS jedinec získá bodové skóre, která nemá maximální a minimální hodnoty. Pomocí FS můžeme zařadit jedince do jedné ze tří kategorií. Osoby s nižším FS jak 70 bodů lze na základě této hodnoty řadíme jako „slabé“ jedince s podprůměrnou tělesnou zdatností. Druhou kategorií tvoří bodové rozmezí 70–90 FS, jedná se „normální“ jedince s průměrnou tělesnou zdatností.



Po měření TS pomocí InBody 720, jejichž FS se pohybuje od 90 a výš, řadíme do poslední 3. kategorie, ve které se jedná o nadprůměrné tělesné zdatné (Biospace, 2009).

FS pracuje s poměrem SMM a BFM vztahujícím se na TH, což může lepším pro hodnocení obezity než BMI, které hodnotí OTH pouze pomocí Sta a TH. Nicméně hranice normality FS nejsou zcela vhodně nastaveny (Cacek et al., 2012).

## **3 CÍLE**

### **3.1 Hlavní cíl**

Hlavním cílem DP bylo stanovit a porovnat vybrané tělesné komponenty studujících v letech 2012 až 2022 na FTK UP s ohledem na věk a pohlaví.

### **3.2 Dílčí cíle**

- 1) Stanovit popisné charakteristiky vybraných frakcí TS s ohledem na pohlaví.
- 2) Porovnat rozdíly vybraných frakcí TS u věkových kategorií.
- 3) Stanovit popisné charakteristiky vybraných frakcí TS v rámci kategorií BMI.
- 4) Porovnat zastoupení studujících dle kategorií zdravotních ukazatelů TS.
- 5) Porovnat somatický profil studujících na FTK UP se studujícími z jiných VŠ.

### **3.3 Hypotézy (H)**

H<sub>10</sub>: Neexistují statisticky významné mezipohlavní rozdíly u jednotlivých parametrů TS mezi studujícími FTK UP.

H<sub>20</sub>: Mezi studenty FTK UP nejsou statisticky významné rozdíly ve vybraných frakcích TS s ohledem na věk.

H<sub>30</sub>: Mezi studentkami FTK UP nejsou statisticky významné rozdíly ve vybraných frakcích TS s ohledem na věk.

H<sub>40</sub>: Mezi jednotlivými kategoriemi BMI nejsou signifikantní rozdíly u vybraných frakcí TS.

## 4 METODIKA

### 4.1 Výzkumný soubor

Výzkumný soubor tvořilo 1748 studujících v letech 2012 až 2022 FTK UP. Měření sledovaného souboru probíhalo během studia na VŠ. Věkové rozpětí výzkumného souboru bylo 18 až 35 let. Výzkumný soubor byl rozdělen dle pohlaví a kalendářního věku (Tabulka 1 a 2). Soubor byl tak rozdělen s věkovým rozmezím 18–25 let na mladší ženy Ž1 a muže M1. Druhá věková kategorie v rozmezí 25–35 let byla rozdělena na starší ženy Ž2 a muže M2.

**Tabulka 1**

*Základní popisné charakteristiky mužů s ohledem na věk*

Parametr	M1 (n = 704)				M2 (n = 141)			
	Muži (n = 845)							
	M	SD	MAX	MIN	M	SD	MAX	MIN
Věk	22,01	1,87	25,00	18	28,99	2,93	35	26,00
Sta (cm)	180,12	7,08	211,00	160,50	181,58	6,87	203,20	166,80
TH (kg)	77,46	10,14	122,40	56,00	83,00	9,93	122,30	64,10
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23,84	2,51	34,90	17,60	25,16	2,66	33,10	16,00

Poznámka: n = počet probandů, M= průměr, SD = směrodatná odchylka, Sta = tělesná výška (cm), TH = tělesná hmotnost (kg), BMI = Body mass index (kg/m<sup>2</sup>).

## Tabulka 2

Základní antropometrické parametry u žen s ohledem na věk

Parametr	Ž1 (n = 789)				Ž2 (n = 113)			
	Ženy (n = 902)							
	M	SD	MAX	MIN	M	SD	MAX	MIN
Věk	21,67	1,86	25,00	18	28,96	2,89	35	26,00
Sta (cm)	167,29	6,05	189,10	150,5	167,08	6,48	192,40	155,70
TH (kg)	61,74	9,06	99,40	41,2	60,95	10,86	99,10	44,20
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22,02	2,61	32,40	16,00	21,74	3,13	32,60	16,00

Poznámka: n = počet probandů, M= průměr, SD = směrodatná odchylka, Sta = tělesná výška (cm), TH = tělesná hmotnost (kg), BMI = Body mass index (kg/m<sup>2</sup>).

Byla provedena četnostní analýza do kategorií pomocí somatických indexů (BMI, FFMI, SMMI, BFMI) s ohledem na pohlaví. Absolutní hodnota hmotnosti vybraných parametrů TS (FFM, SMM, BFM) je vztažena druhé mocnině Sta. Zdravotními ukazateli TS, na které se zaměřujeme v této práci jsou FFMI, SMMI a BFMI. V případě BMI se jedná o TH vztaženou k druhé mocnině Sta. Každý somatický index má své kategorizování podle vypočtených hodnot. Následně bylo srovnáváno zastoupení studentů a studentek v jednotlivých kategoriích zdravotních ukazatelů TS (Lee et al., 2020; Schutz et al., 2002, WHO, 2010).

### Kategorie FFMI:

- 1. Kategorie (podprůměr) <18 kg/m<sup>2</sup> (muži), <15 kg/m<sup>2</sup> (ženy)
- 2. Kategorie (průměr) 18,1 – 20,0 kg/m<sup>2</sup> (muži), 15,1 – 17,0 kg/m<sup>2</sup> (ženy)
- 3. Kategorie (nadprůměr) 20,1 – 22,0 kg/m<sup>2</sup> (muži), 17,1 – 18,0 kg/m<sup>2</sup> (ženy)
- 4. Kategorie (excelentní) 22,1 – 23,0 kg/m<sup>2</sup> (muži), 18,1 – 19,0 kg/m<sup>2</sup> (ženy)
- 5. Kategorie (superior) 23,1 – 26,0 kg/m<sup>2</sup> (muži), 19,1 – 21,5 kg/m<sup>2</sup> (ženy)

### Kategorie SMMI:

- 1. Kategorie: <9,0 kg/m<sup>2</sup> (muži), <7,0 kg/m<sup>2</sup> (ženy)
- 2. Kategorie: >9,1-10,0 kg/m<sup>2</sup> (muži), >7,1-8,0 kg/m<sup>2</sup> (ženy)
- 3. Kategorie: >10,1 kg/m<sup>2</sup> (muži), >8,1 kg/m<sup>2</sup> (ženy)

Kategorie BFMI:

- 1. Kategorie:  $<1,8 \text{ kg/m}^2$  (muži),  $<3,9 \text{ kg/m}^2$  (ženy)
- 2. Kategorie:  $1,8\text{--}5,1 \text{ kg/m}^2$  (muži),  $3,9\text{--}8,1 \text{ kg/m}^2$  (ženy)
- 3. Kategorie:  $>5,1 \text{ kg/m}^2$  (muži),  $> 8,1 \text{ kg/m}^2$  (ženy)

Kategorie BMI:

- I. Podváha:  $<18,50 \text{ kg/m}^2$
- II. Normální hmotnost:  $18,50\text{--}24,99 \text{ kg/m}^2$
- III. Nadváha:  $25,00\text{--}29,99 \text{ kg/m}^2$
- IV. Obezita I. stupně:  $30\text{--}34,99 \text{ kg/m}^2$

Při stanovování popisných charakteristik TS mezi kategoriemi BMI byli studující s ohledem na pohlaví rozdělení do výše uvedených kategorií na základě somatického indexu BMI. Z důvodu zařazení pouze jednoho muže v kategorii I. (podváha) nebyla tato kategorie u mužů zařazena do tabulek a grafů znázorňující popisné charakteristiky vybraných frakcí TS jednotlivých kategorií BMI

## 4.2 Metody sběru dat

Sběr dat byl realizován v letech 2012 až 2022. Měření probíhalo v antropometrické laboratoři KPK na FTK UP. Probandi byli měřeni ve spodním prádle nebo případně v lehkém sportovním oblečení. Pro získání veškerých dat na jednoho probanda byla doba trvání cca 5 min. s tím, že bylo potřeba získat antropometrický parametr Sta a TH. Měření probíhalo zhruba 2 min. a následná analýza TS pomocí InBody 720 v časové náročnosti zabrala 3 min. Na realizaci sběru dat se podílela vždy zaškolená osoba obsluhující přístroje, veškerá data byla zaznamenávána elektronicky. Během měření byly dodržovány standardizované podmínky v místnosti, ve které se musela teplota pohybovat v rozmezí  $20\text{--}25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Měření TS

K analýze TS byla použita MF-BIA. Tato metoda využívá nízkofrekvenční elektrický proud v tělesných tkáních. Měření TS pomocí MF-BIA bylo realizováno prostřednictvím přístroje InBody 720. Každý proband byl seznámen s instrukcemi, které je nezbytné následovat pro zjištění přesných a spolehlivých výsledků (Biospace 2008):

- Nejíst před měřením sytá ani kalorická jídla, alespoň dvě hodiny předem. Zároveň se vyhnout konzumaci alkoholu a kofeinu alespoň 12 hodin před měřením.

- Vyhnout se intenzivní fyzické aktivitě před měřením, což může ovlivnit úroveň hydratace, která ovlivňuje měření TS. Měření taktéž neprovádíme těsně po sprchování případně saunování, tyto činnosti způsobují změny TS.
- Dopřát tělu dostatečný a kvalitní odpočinek.
- Vyprázdnit se
- U žen neprovádět měření během menstruačního cyklu.

Pro určení diagnostiky TS za pomoci přístroje InBody 720 bylo zapotřebí znát jisté somatické parametry, kterými byly Sta (cm) a TH (kg). TH byla stanovena u každého jedince za pomoci přístroje InBody 720 (Biospace, Seoul, Jižní Korea). Sta byla změřena a zaznamenána do systému před měřením na přístroji InBody 720.

Analýza vybraných parametrů TS byla provedena podle SW protokolu (Inbody Co., Ltd., n.d.) a byla zpracována programem Lookin' Body 3.0 (Biospace, 2009).

Pro účely DP byly využity následující komponenty TS. BFM (kg) a procentuální zastoupení BF (%), FFM (kg), SMM (kg), TBW (l) ICW (l) a ECW (l), BCM. Dále byly využity somatické indexy BMI (kg/m<sup>2</sup>), FFMI (kg/m<sup>2</sup>), SMMI (kg/m<sup>2</sup>), BFMI (kg/m<sup>2</sup>).

### 4.3 Statistické zpracování dat

Naměřené parametry byly převedeny z programu Lookin Body 3.0 (Biospace, 2009) do programu Microsoft Excel 2007. V excelu dále tříděny a statisticky porovnávány. Byly stanoveny základní popisné charakteristiky společně se základními statistickými hodnotami, které byly dodány RNDr. Milanem Elfmarkem pomocí Statistica 14. Jedná se o aritmetický průměr (M), maximální (MAX) a minimální (MIN) hodnoty společně se směrodatnou odchylkou (SD). Pro určení statisticky významných rozdílů byl u vybraných parametrů TS v rámci pohlaví a věkových kategorií využit Studentův t-test. Při zpracování výsledků je kladen důraz na absolutní hodnotu, čím větší je absolutní hodnota, tím větší je rozdíl mezi skupinami. Pro určení statistické významnosti je sledována prahová hodnota  $\alpha$  ( $\alpha = 0,05$ ) (hladina významnosti). Díky pravděpodobnosti náhody p-hodnotě ( $p \leq 0,05$ ) dokazujeme signifikantní rozdíl mezi dvěma skupinami (statisticky významné rozdíly).

Při porovnávání signifikantních a nesignifikantních rozdílů M hodnot vybraných frakcí TS mezi kategoriemi BMI sledujeme hladinu významnosti. Při posuzování statistického významu pomocí p-hodnoty ( $p < 0,05$ ) u průměrných hodnot vybraných somatických parametrů mezi kategoriemi BMI byl využit Kruskal-Wallis test.

## 5 VÝSLEDKY

Výsledky studie jsou rozděleny na tři hlavní části. V první části jsou popisné charakteristiky vybraných frakcí TS výzkumného souboru s ohledem na pohlaví a věk. V druhé části práce jsou srovnávané vybrané parametry TS mezi BMI kategoriemi s ohledem na pohlaví. V části třetí je provedena četnostní analýza s ohledem na pohlaví na základě vybraných frakcí TS společně s četnostní analýzou na základě jednotlivých zdravotních ukazatelů TS.

### 5.1 Stanovení vybraných frakcí TS s ohledem na věk a pohlaví

Jedním z hlavních cílů této práce bylo stanovit a analyzovat vybrané frakce TS u studujících FTK UP s ohledem na věk. V tabulce 3 a 4 vidíme vybrané frakce TS.

**Tabulka 3**

*Popisné charakteristiky vybraných frakcí TS u mužů s ohledem na věk*

Parametr	M1 (n = 704)				M2 (n = 141)			
	Muži (n = 845)							
	M	SD	MAX	MIN	M	SD	MAX	MIN
BF (%)	12,99	5,26	38,60	3,00	15,63	6,35	37,90	3,00
BCM (kg)	44,41	5,19	63,80	32,50	45,95	5,05	65,10	34,50
BFM (kg)	10,29	5,28	42,20	1,80	13,25	6,45	36,20	2,40
FFM (kg)	67,16	7,90	96,70	48,70	69,74	7,74	100,20	52,50
SMM (kg)	38,43	4,72	56,10	27,60	39,84	4,60	57,30	29,40
VFA (cm <sup>2</sup> )	45,31	24,52	175,50	5,00	60,40	28,34	153,50	5,00
TBW (l)	49,18	5,76	70,80	35,60	51,13	5,67	73,60	38,40
ECW (l)	18,17	2,16	26,70	12,90	19,05	2,17	28,10	14,30
ICW (l)	31,00	3,62	44,60	22,70	32,08	3,52	45,50	24,10
Proteiny (kg)	13,40	1,56	19,30	9,80	13,87	1,52	19,60	10,40
Minerály (kg)	4,57	0,62	10,50	3,22	4,74	0,57	7,00	3,63

Poznámka: n = počet probandů, M = průměr, SD = směrodatná odchylka, BF (%) = Body fat percentage (%), BCM = Body cell mass (kg), BFM = Body fat mass (kg), FFM = Fat free mass (kg), SMM = Skeletal muscle mass (kg), VFA = Visceral fat area (cm<sup>2</sup>), TBW = Total body water (l), ECW = Extracellular water (l), ICW = Intracellular water (l).

**Tabulka 4***Popisné charakteristiky vybraných frakcí TS žen s ohledem na věk*

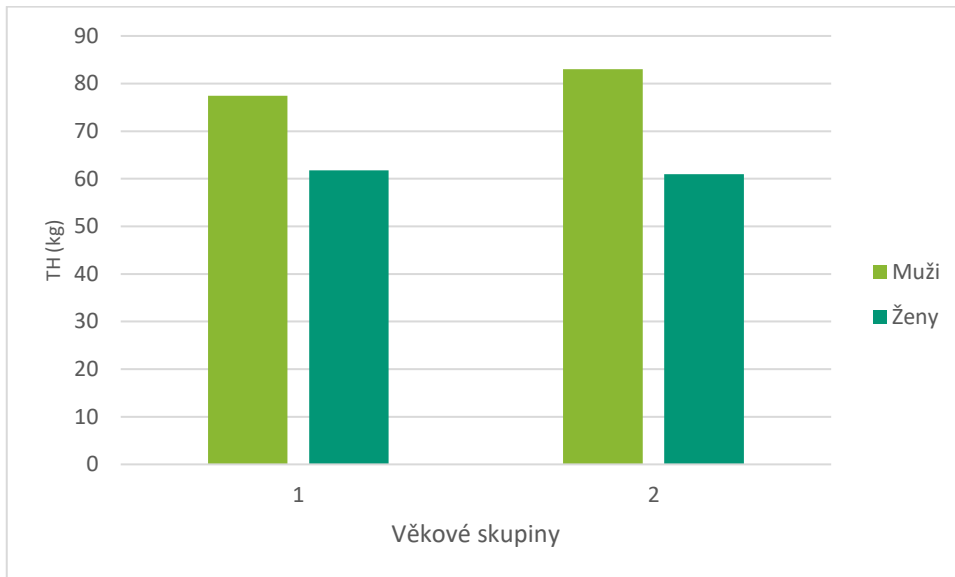
Parametr	Ž1 (n = 789)				Ž2 (n = 113)			
	Ženy (n = 902)							
	M	SD	MAX	MIN	M	SD	MAX	MIN
BF (%)	22,81	6,04	44,20	3,00	22,36	6,72	41,80	9,10
BCM (kg)	31,01	3,89	51,30	22,00	30,55	4,12	51,80	22,50
BFM (kg)	14,35	5,30	37,50	1,400	14,10	6,54	39,80	4,60
FFM (kg)	47,38	5,86	77,90	33,90	46,85	6,29	78,90	34,90
SMM (kg)	26,23	3,54	44,70	18,00	25,81	3,75	45,10	18,50
VFA (cm <sup>2</sup> )	55,27	24,79	154,00	5,00	53,55	29,13	161,10	5,00
TBW (l)	34,67	4,31	57,90	24,80	34,29	4,59	57,90	25,70
ECW (l)	13,02	1,57	21,20	9,40	12,96	1,73	21,80	10,00
ICW (l)	21,65	2,71	35,80	15,40	21,33	2,87	36,10	15,70
Proteiny (kg)	9,35	1,17	15,50	6,60	9,22	1,24	15,60	6,80
Minerály (kg)	3,34	0,42	5,44	2,400	3,33	0,47	5,44	2,42

Poznámka: n = počet probandů, M = průměr, SD = směrodatná odchylka, BF (%) = Body fat percentage (%), BCM = Body cell mass (kg), BFM = Body fat mass (kg), FFM = Fat free mass (kg), SMM = Skeletal muscle mass (kg), VFA = Visceral fat area (cm<sup>2</sup>), TBW = Total body water (l), ECW = Extracellular water (l), ICW = Intracellular water (l).



### Obrázek 1

Průměrná TH (kg) u studujících s ohledem na věk

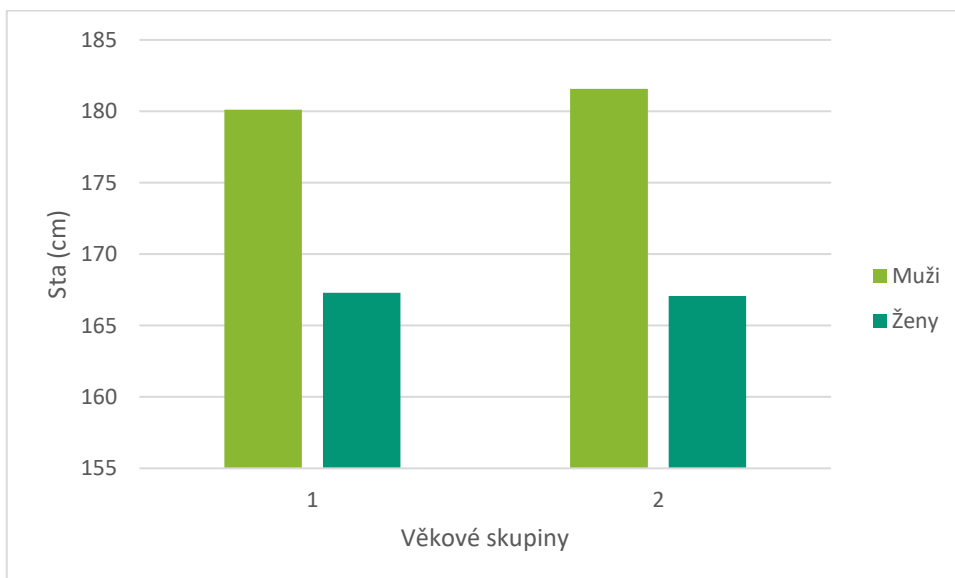


Poznámka: TH = tělesná hmotnost (kg)

Starší muži byli těžší, vyšší v průměru o 1,5 cm, s vyšším BMI. Ž1 a Ž2 se nelišily významně ani v tělesné výšce, ani v hmotnosti, také průměrnou hodnotu BMI měly podobnou.

### Obrázek 2

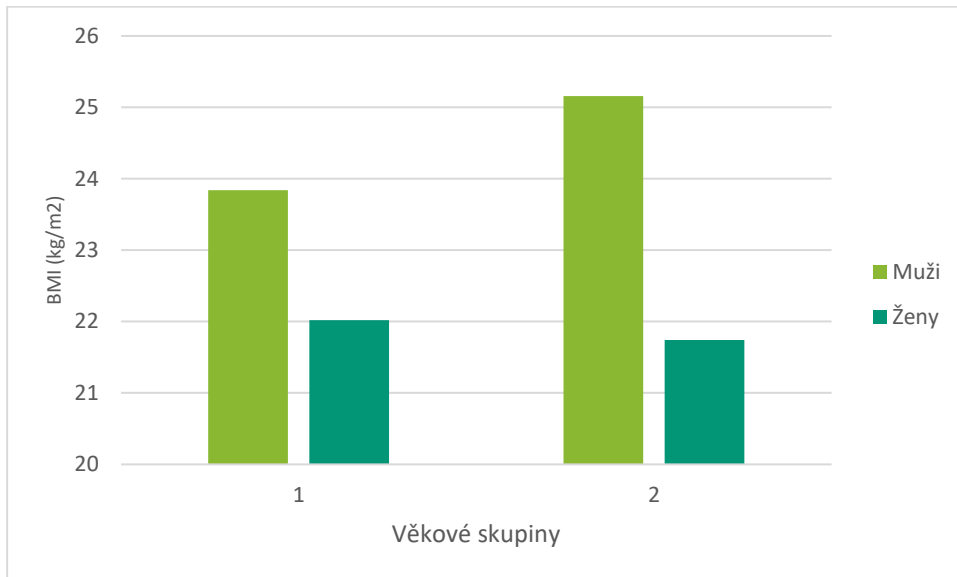
Průměrná Sta (cm) u studujících s ohledem na věk



Poznámka: Sta = tělesná výška (cm).

### Obrázek 3

Průměrné hodnoty BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) u studujících s ohledem na věk



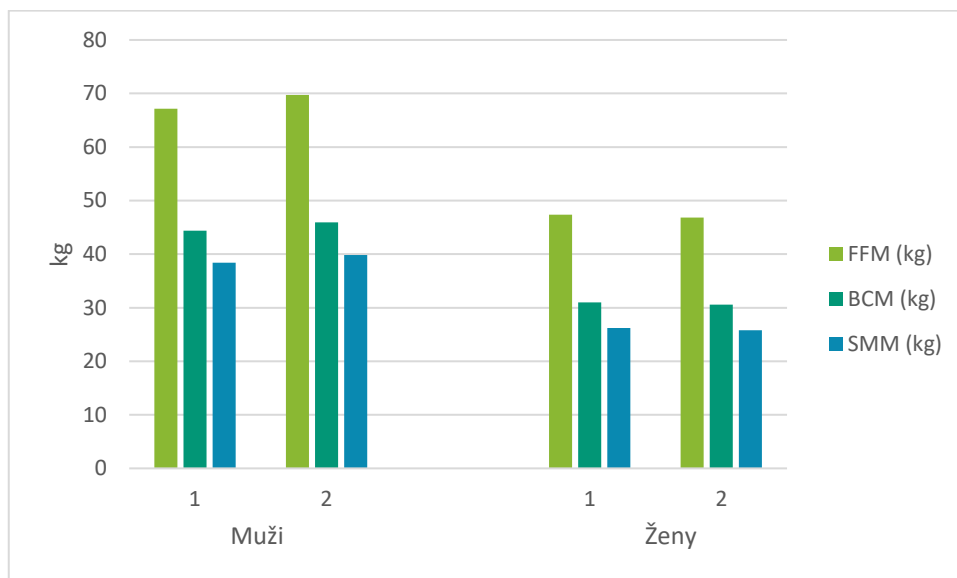
Poznámka: BMI = Body Mass Index ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

## 5.2 Srovnání frakcí TS s ohledem na věk a pohlaví

V této části práce je soustředěna pozornost na mezipohlavní rozdíly v rámci vybraných frakcí TS, přičemž deskriptivně zaznamenané statistické údaje jsou uvedeny v tabulce 3 a 4. Graficky jsou zde znázorněny mezipohlavní rozdíly u studujících s ohledem na věk.

#### Obrázek 4

Srovnání FFM (kg), BCM (kg) a SMM (kg) u studujících s ohledem na věk



Poznámka: FFM = Fat free mass (kg), BCM = Body cell mass (kg), SMM = Skeletal muscle mass (kg).

FFM, BCM a SMM je statisticky významně více zastoupena u mužů než u žen.

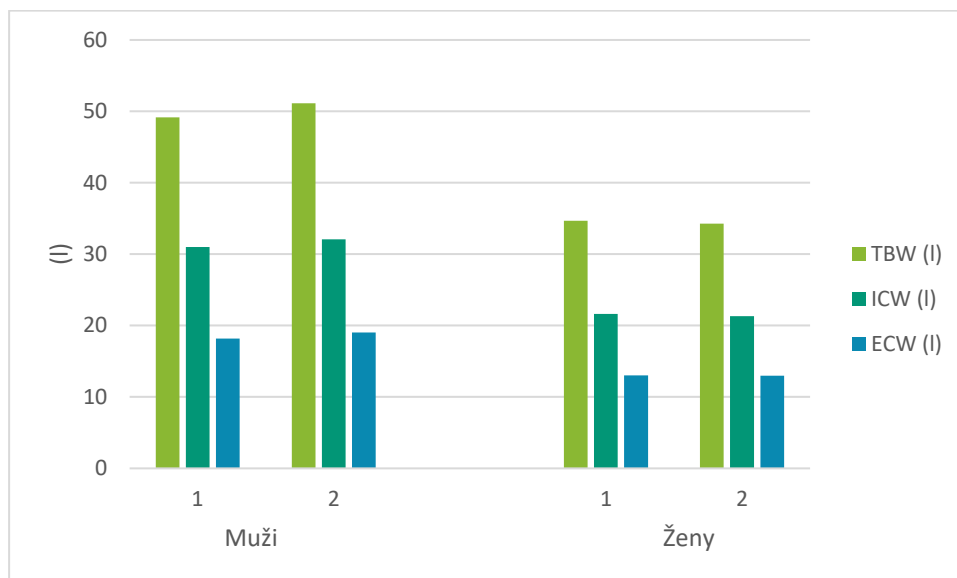
M1 disponovali průměrně o 2,58 kg menším množstvím FFM než M2. Zastoupení FFM u žen bylo přibližně shodné, Ž1 disponovaly v průměrných hodnotách větším množstvím FFM (47,38 kg) než Ž2 (46,85 kg).

Metabolický aktivní hmotou FFM je BCM. Rozdíly v zastoupení BCM u mužů a žen byli velmi malé. M2 měli vyšší zastoupení BCM, naopak starší ženy nižší.

Nejedná se o signifikantní rozdíly v zastoupení SMM M2 měli vyšší zastoupení SMM v průměru o 1,49 kg vyšší než M1. Rozdíl SMM mezi Ž1 a Ž2 je minimální, bez signifikantní difference (Obrázek 4).

## Obrázek 5

Srovnání TBW (l), ECW (l) a ICW (l) u studujících



*Poznámka:* TBW = Total body water (l), ECW = Extracellular water (l), ICW = Intracellular water (l).

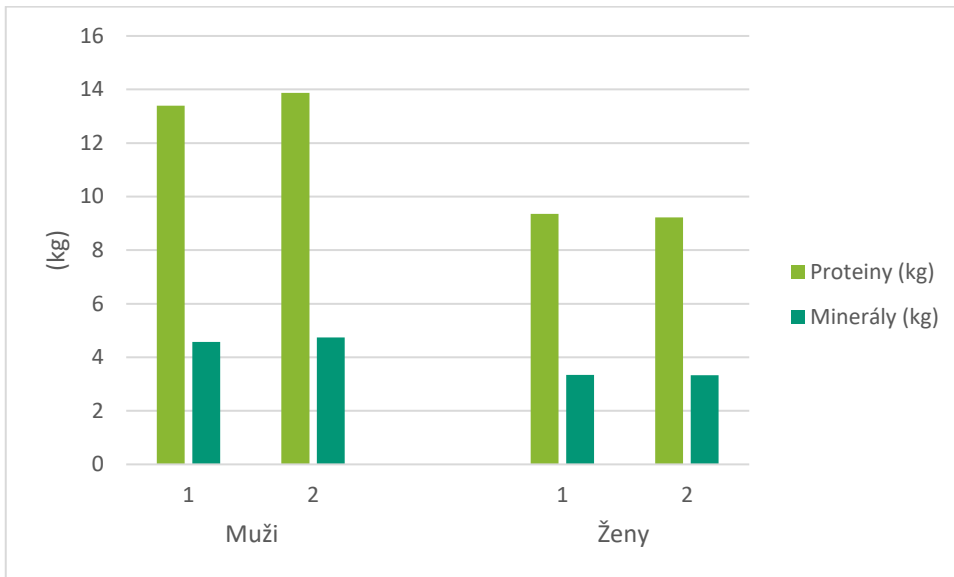
Při testování mezipohlavních rozdílů byla zjištěna závislost na pohlaví u TBW, ale i ICW a ECW. Muži disponují větším zastoupením vodních kompartmentů oproti ženám (Obrázek 5).

Průměrná hodnota TBW u M1 je 49,18 l, zatímco u M2 je průměrná hodnota 51,13 l vidíme zde signifikantní rozdíl mezi věkovými kategoriemi u mužů. V tomto kontextu je možno posoudit také zastoupení ICW a ECW, kterým M2 disponují v signifikantně větším množství.

V zastoupení TBW, ECW a ICW nebyl zjištěn u žen mezi věkovými kategoriemi signifikantní rozdíl.

### Obrázek 6

Srovnání proteinů (kg) a minerálů (kg) u studujících

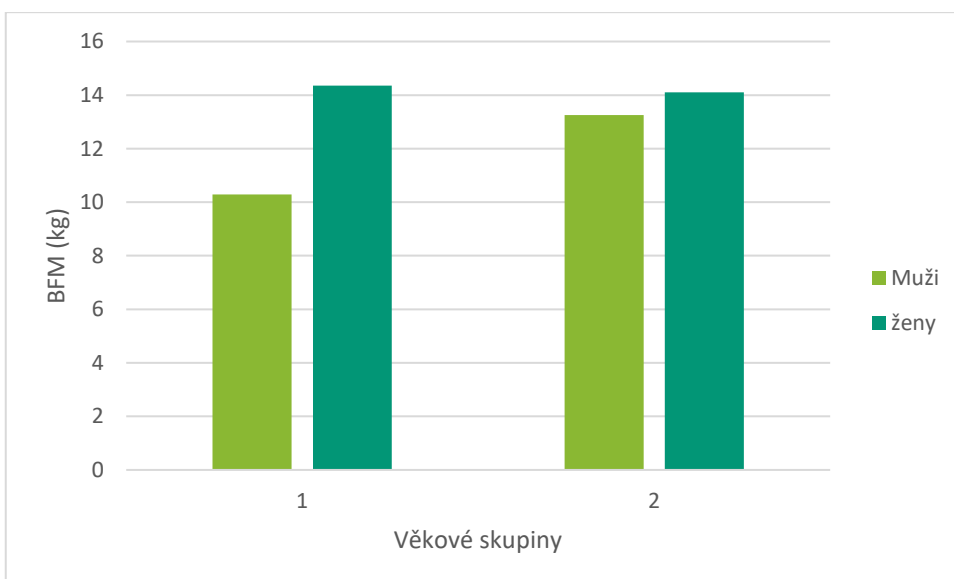


Srovnání proteinů a minerálů je uvedeno na obrázku 6. V případě proteinů a minerálů byly statisticky potvrzeny mezipohlavní rozdíly. Muži dosahovali vyšších hodnot oproti ženám.

Mezi věkovými kategoriemi u mužů a žen jsou rozdíly minimální, bez statistické difference.

### Obrázek 7

Srovnání BFM (kg) u studujících



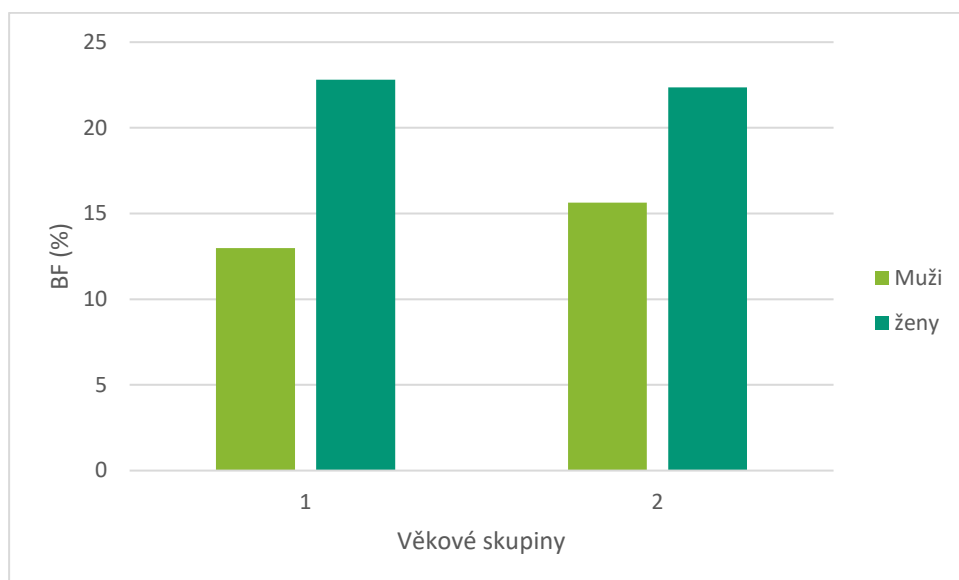
Poznámka: BFM = Body fat mass (kg).

Mezi pohlavími nebyl shledán signifikantní rozdíl v zastoupení BFM.

Mezi věkovými kategoriemi u Ž1 a Ž2 byl rozdíl minimální, bez signifikantní difference. U M1 a sledujeme signifikantně nižší zastoupení BFM než u M2 (R = 2,9 kg).

### Obrázek 8

*Srovnání BF (%) u studujících*



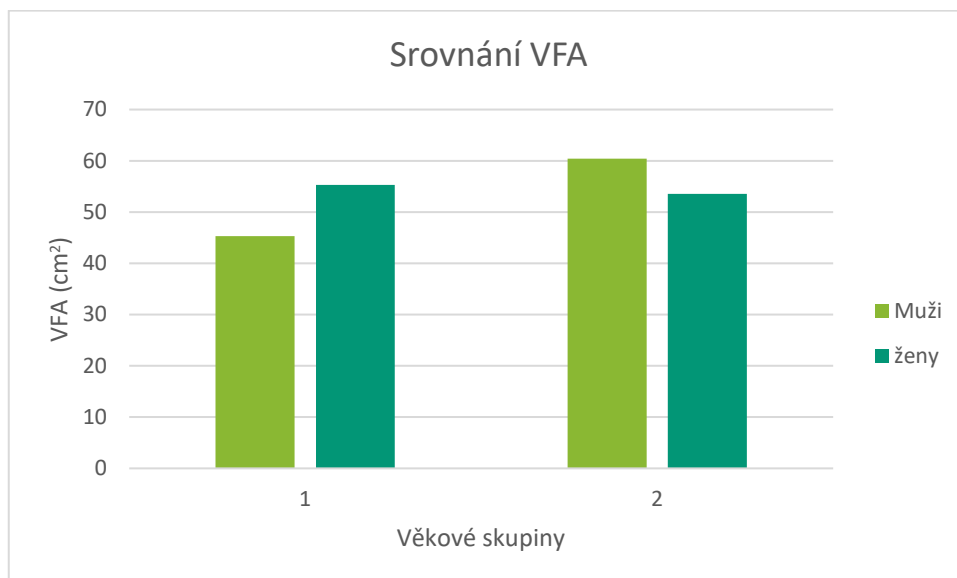
*Poznámka:* BF (%) = Body fat percentage (%).

Graficky znázorněné procentuální zastoupení BF (%) vidíme na obrázku 8. Průměrné zastoupení BF (%) u M1 je 13 %, u M2 činí 16 %.

U žen nacházíme minimální a nesignifikantní rozdíl v rámci věkových kategorií. Starší muži disponují větším množstvím BF % než M1 jedná se o statisticky významný rozdíl.

## Obrázek 9

### Srovnání VFA (cm<sup>2</sup>) u mužů a žen



*Poznámka:* VFA = Visceral fat area (cm<sup>2</sup>).

Při testování mezipohlavní rozdílů u VFA (cm<sup>2</sup>) nebyla zjištěna závislost na pohlaví (Obrázek 9).

Ženy měly zastoupení VFA téměř shodné. U mužských věkových kategorií M1 a M2 rozdíl činil 15,09 cm<sup>2</sup>, jedná se o signifikantní rozdíl.

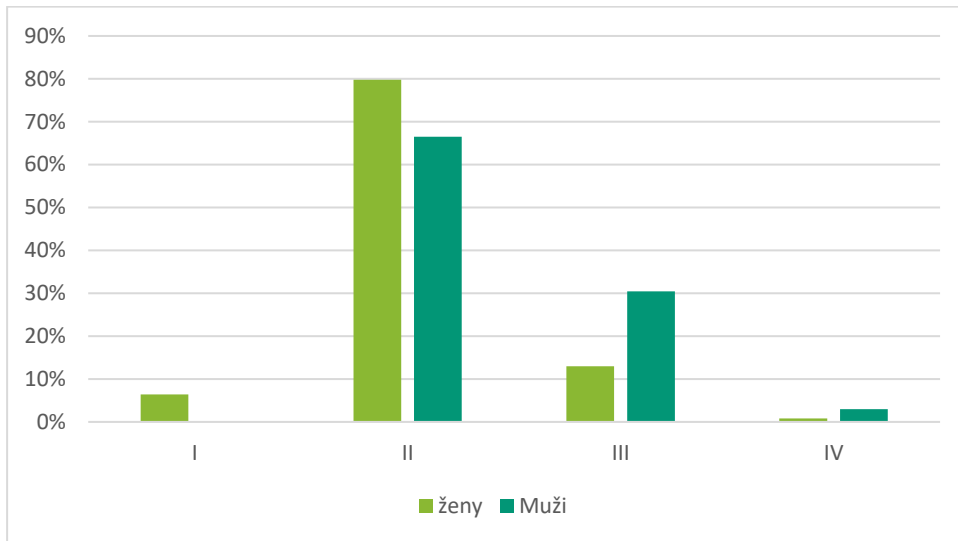
H<sub>10</sub> se vztahuje k mezipohlavním rozdílům u vybraných frakcí TS. Byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi pohlavími, a tedy hypotézu zamítáme. Vzhledem k statisticky významným rozdílům u mužů s ohledem na věk byla H<sub>20</sub> zamítnuta. Doložené výsledky v kapitole 5.2 nám ukazují nesignifikantních rozdílů mezi věkovými kategoriemi u žen, tudíž H<sub>30</sub> přijímáme.

### 5.3 Zastoupení složek TS mezi kategoriemi BMI

Procentuální zastoupení s ohledem na pohlaví v jednotlivých BMI kategoriích je uvedeno na obrázku 10. Základní antropometrické parametry v průměrných hodnotách mezi kategoriemi BMI jsou uvedeny v příloze (tabulka 8 a 9).

**Obrázek 10**

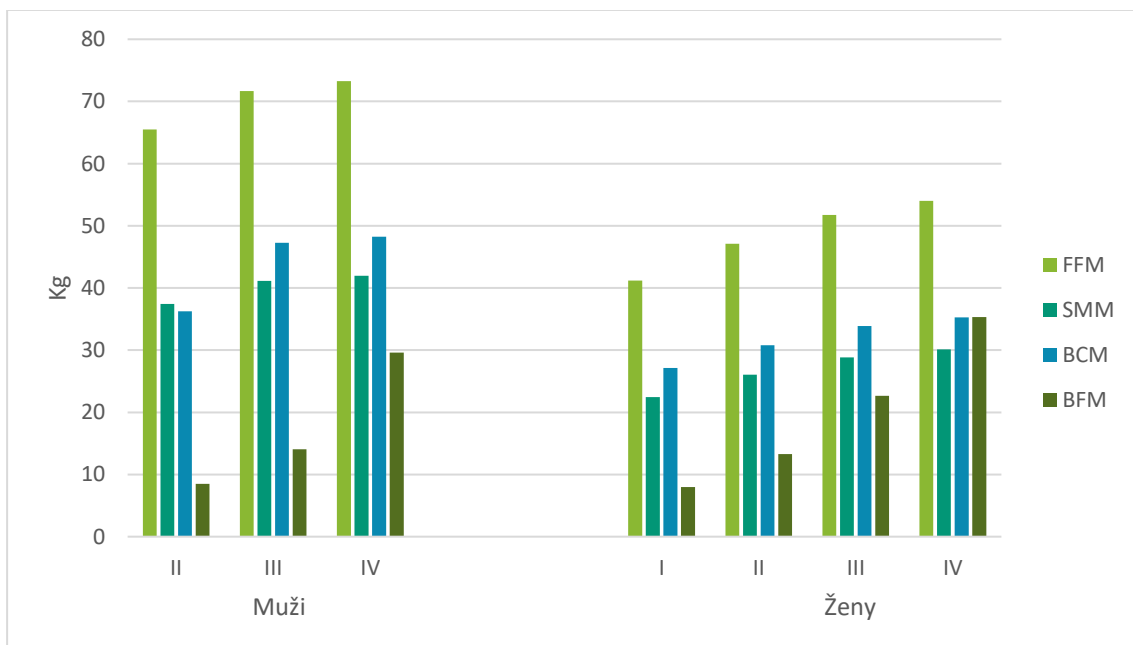
*Procentuální zastoupení studujících v kategoriích BMI*



Poznámka: I = BMI kategorie podváhy, II = BMI kategorie normální hmotnost, III = BMI kategorie nadváhy, IV = BMI kategorie obezity I. stupně

**Obrázek 11**

*Zastoupení vybraných tělesných frakcí mezi kategoriemi BMI*



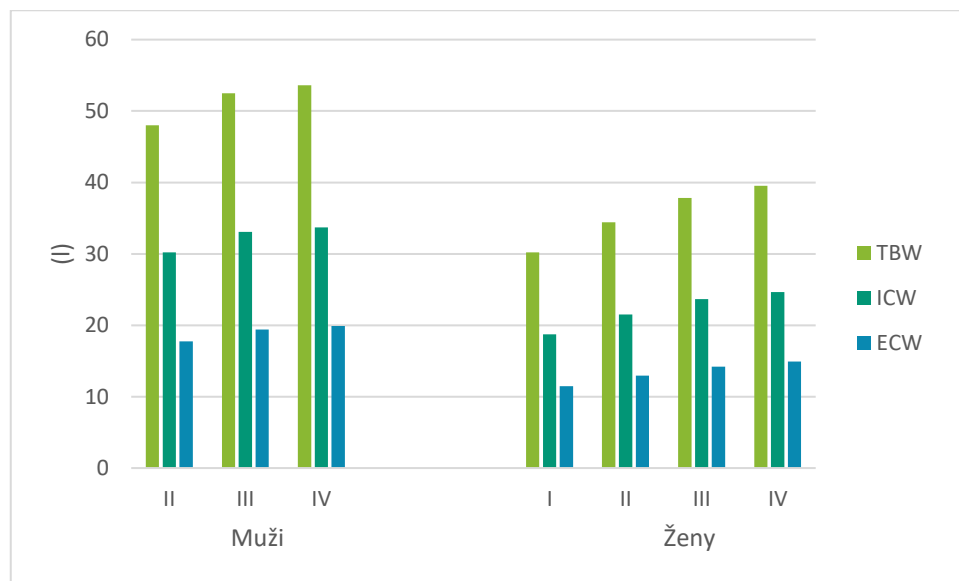
Poznámka: FFM = Fat free mass (kg), SMM = Skeletal muscle mass (kg), BCM, Body cell mass (kg), BFM = Body fat mass (kg).



Rozdíly v zastoupení SMM a FFM mezi pohlavími v rámci kategorií jsou velmi výrazné, s výrazně vyšším zastoupením u mužů (Obrázek 11). U mužů i žen mezi kategoriemi I., II. a III. byl potvrzen signifikantní rozdíl u FFM, BCM a SMM. Mezi všemi kategoriemi byl potvrzen signifikantní rozdíl u BFM. Mezi kategoriemi III. a IV. nebyl shledán signifikantní rozdíl u FFM, BCM a SMM ani u jednoho pohlaví.

### Obrázek 12

*Zastoupení TBW (l), ECW (l) a ICW (l) mezi kategoriemi BMI*

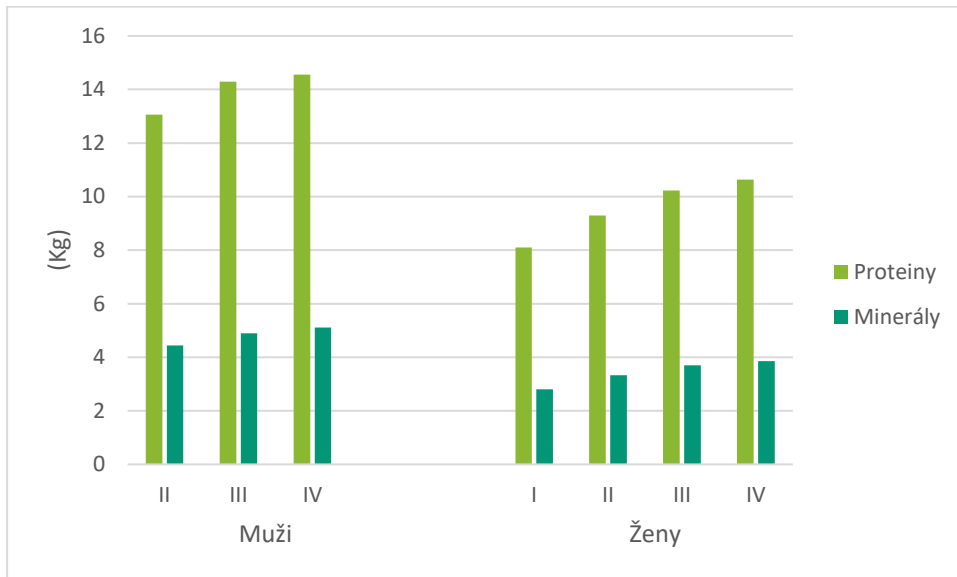


Poznámka: TBW = Total body water (l), ICW = Intracellular water (l), ECW = Extracellular water (l).

Grafické znázornění mezi kategoriemi BMI v zastoupení TBW (ICW/ECW) je znázorněno na obrázku 12. U obou pohlaví v rámci kategorií BMI dochází k postupnému navýšování TBW, ICW i ECW. U žen nacházíme nejvyšší navýšení vodních kompartmentu mezi I. a II. kategorií. Muži mají nejvyšší navýšení mezi II. a III. kategorií

**Obrázek 13**

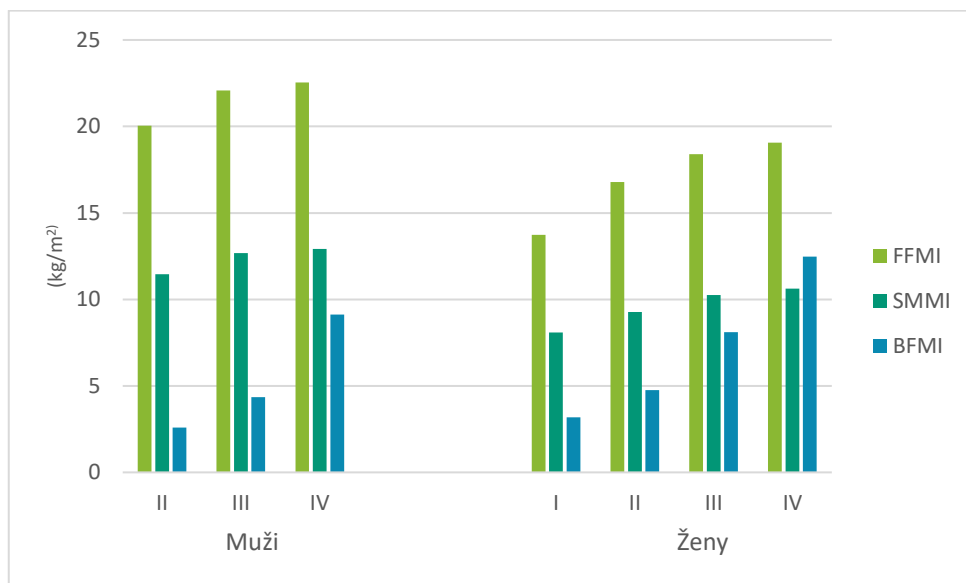
*Zastoupení proteinů (kg) a minerálů (kg) mezi kategoriemi BMI*



Zastoupení proteinů a minerálů mezi kategoriemi BMI uvedeno na obrázku 13. V rámci kategorií BMI dochází k postupnému navyšování proteinů a minerálů u studujících. Nejvyšší navýšení proteinů a minerálů u žen je mezi I. a II. kategorií. Statisticky významné rozdíly byly shledány u kategorií I. až III. u žen a mezi kategoriemi II. a III. u mužů. Mezi kategoriemi III. a IV. se nejednalo o statisticky významnou diferenci v případě mužů i žen.

## Obrázek 14

Srovnání zdravotních ukazatelů TS mezi kategoriemi BMI



Poznámka: FFMI = Fat free mass index ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), SMMI = Skeletal muscle mass index ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), BFMI body mass index ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

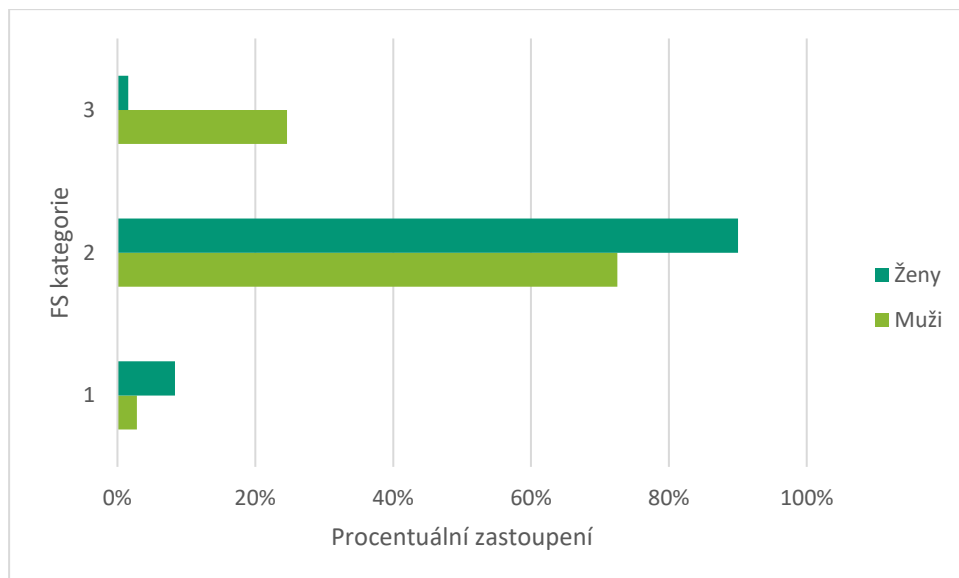
U BFMI byla zjištěna statistická významnost mezi všemi sledovanými kategoriemi u mužů i žen. V případě FFMI a SMMI byly shledány statisticky významné rozdíly mezi kategoriemi I. až III. u žen a mezi kategoriemi II. a III. u mužů. U FFMI a SMMI neshledáváme rozdíly mezi III. a IV. kategorií BMI ani u žen ani u mužů.

Díky výsledkům znázorněným v kapitole 5.3 na obrázcích 11, 12, 13 a 14, kdy se jedná o signifikantní rozdíly v zastoupených složkách TS mezi kategoriemi BMI zamítáme  $H_{40}$ .

## 5.4 Zastoupení studujících podle FS

Obrázek 15

Zastoupení studujících v kategoriích FS



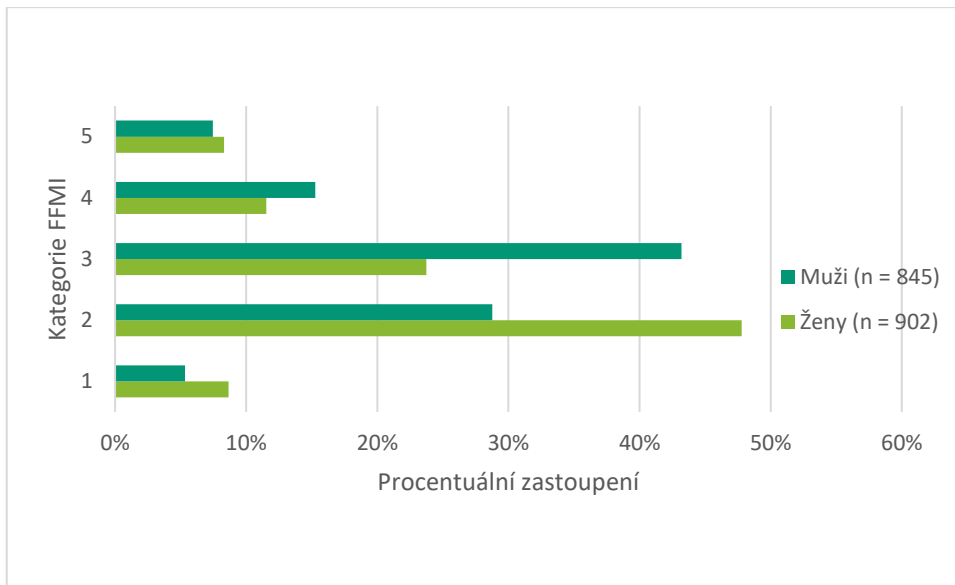
Poznámka: FS = Fitness score.

Na obrázku 15 můžeme vidět kategorizaci mužů a žen podle dosaženého FS během. V kategorii s FS nižším než 70 bodů bylo zařazeno 8 % žen (75) a 3 % mužů (24). Do kategorie 1. průměrného FS v bodovém rozmezí 70–90 bodů byla zařazena většina mužů i žen, 73 % studentů (613) a 90 % studentek (813). V kategorii 3. s dosaženým FS nad 90 bodů bylo zastoupeno 2 % u žen (14) a 25 % studentů (208).

## 5.5 Četnost v kategoriích zdravotních ukazatelů TS

Obrázek 16

Zastoupení studujících v kategoriích FFMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

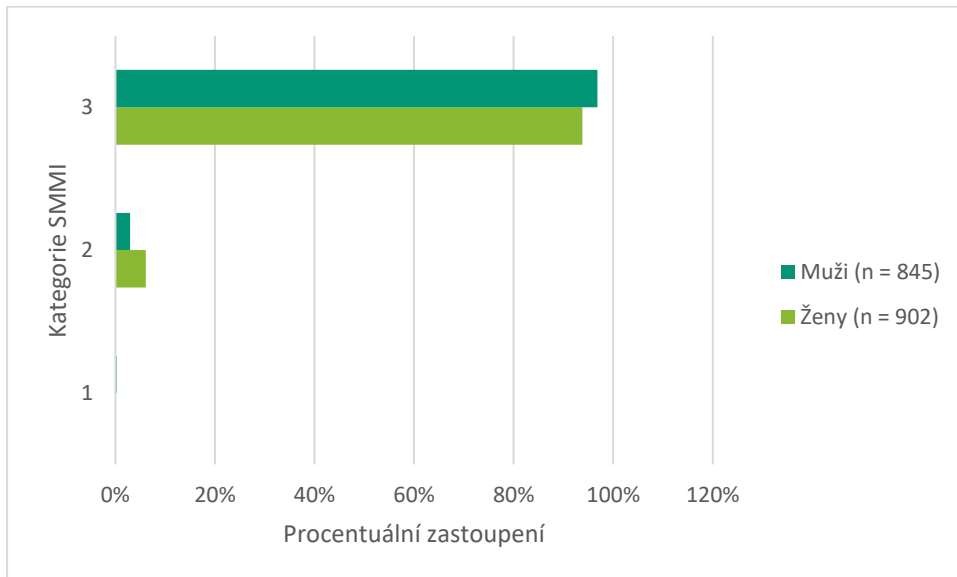


Poznámka: FFMI = Fat free mass index ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

Rozdělení mužů a žen do kategorií na základě jejich FFMI je znázorněno na obrázku 16. Nejvíce obsazené byly kategorie 2. a 3. Kategorie s podprůměrným FFMI byla obsazena pouze u mužů a žen do 10 %. Rozdílné obsazení dílčích kategorií FFMI muži a ženami bylo u 2. a 3. kategorie. Muži a v největším zastoupením obsazovali kategorii s nadprůměrným FFMI 43 % (365). Ženy obsazovaly nejvíce kategorii s průměrným FFMI 48 % (431).

### Obrázek 17

Zastoupení studujících v kategoriích SMMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

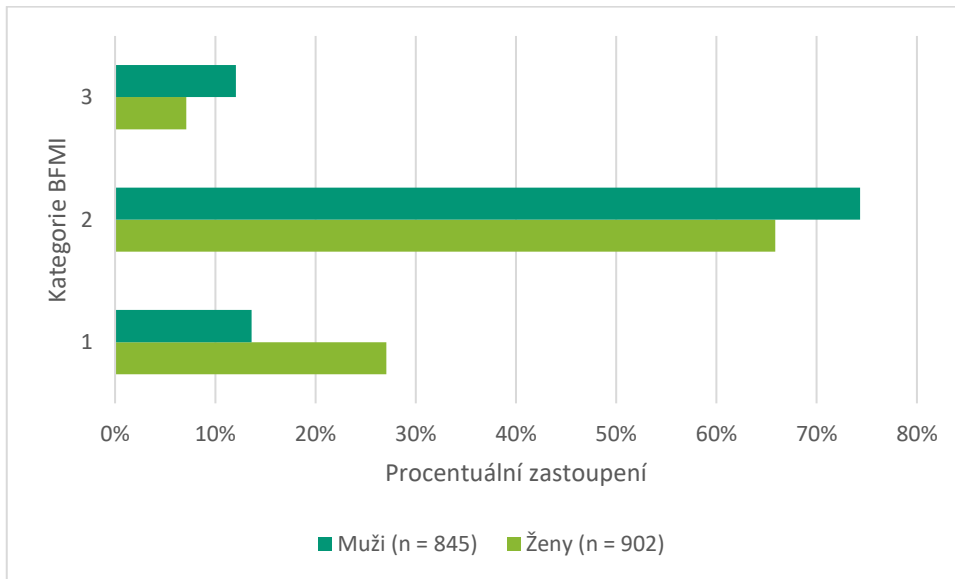


Poznámka: SMMI = Skeletal muscle mass index ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

Graficky znázorněné rozdělení mužů a žen do dílčích kategorií SMMI vidíme na obrázku 18. Kategorie III byla s vysokými hodnotami SMMI byla zastoupena početně nejvíce, muži tvořili 97 % (818) a ženy 94 % (846).

### Obrázek 18

Zastoupení studujících v kategoriích BFMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )



Poznámka: BFMI = Body fat mass index ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

Studující kategorizované na základě BFMI vidíme graficky znázorněné na obrázku 19. V kategorii III s nízkým BFMI bylo zastoupeno 27 % žen (244) a 14 % mužů (115). Kategorie II s optimálním BFMI byla zastoupena početně nejvíce, muži tvořili 74 % (628) a ženy 66 % (594). V kategorii I s vysokým BFMI bylo zastoupeno 12 % mužů (102) a 7 % žen (64).

## 6 DISKUSE

V této práci bylo stěžejní stanovit a porovnat vybrané frakce TS u studujících v letech 2012 až 2022 na FTK UP. Vybrané frakce TS byly dále porovnávány u studujících s ohledem na věk a pohlaví. V rámci statistického šetření bylo sledováno, zda se jedná o signifikantní rozdíly v zastoupení frakcí TS mezi muži a ženami a také mezi věkovými kategoriemi, ve smyslu starší a mladší. Pravidelné monitorování TS je pro nás výhodným při posuzování zdravotního stavu životního stylu zahrnující, s ohledem na výživové a pohybové stereotypy. Monitorování TS je vhodné u všech populačních skupin.

Byly prokázány signifikantní rozdíly u vybraných frakcí TS mezi pohlavími, i přes to, že se jedná o specifickou homogenní skupinu sportovců. Můžeme tak konstatovat, že ženy na základě fyziologicky evolučních předpokladů, budou mít vyšší průměrné hodnoty BFM a také procentuálního zastoupení BF % oproti mužům. Signifikantní rozdíly BFM a BF % mezi muži a ženami potvrzuje Baťová (2018), která ve své práci porovnává TS u studujících FTVS UK oborů fyzioterapie a TV. Muži měli v průměrných hodnotách vyšší zastoupení ve zbylých sledovaných frakcích TS (FFM, BCM, SMM, TBW, proteinů a minerálů).

Výsledky DP se však neshodují se studií Bredella (2017), která zkoumala rozdíly poměru složek TS v určitých tělesných segmentech u mužů a žen a dopady těchto rozdílů na rizika spojená s kardiovaskulárním systémem. U podobného BMI navzdory většímu množství FFM a SMM mají muži také větší množství BFM což je spojeno se zvýšenými riziky kardiovaskulárního systému.

Průřezová studie He et al. (2018) porovnává napříč všemi populačními skupinami u běžné „relativně zdravé“ populace zastoupení jednotlivých složek TS s ohledem na věk a pohlaví. Se stárnutím byl pozorován pokles FFM a signifikantně vzrůstal BFM především u žen. V této DP nebyly shledány statisticky významné rozdíly mezi vybranými frakcemi TS u věkových kategorií žen. Výsledky této DP bez statisticky významných rozdílů, mohou být zapříčiněny homogenitou dané skupiny sportujících a PA žen. Dále, studie He et al. (2018) uvádí, že u mužů nebyly shledány signifikantní rozdíly v zastoupení vybraných frakcí TS mezi věkovými kategoriemi, u těchto mužů v jednotlivých věkových kategoriích byl však rozdíl v TH pouze 2 kg. Nicméně, v případě této DP, byl trojnásobně rozdílný vstupní parametr průměrné TH (rozdíl 6 kg mezi M1 a M2). I přes to, že se jedná o homogenní skupinu sportovců a PA jedinců, může se tak jednat o důvod, proč byly shledány statisticky významné rozdíly mezi věkovými kategoriemi u mužů. M2 měli v případě všech vybraných parametrů TS vyšší průměrné hodnoty oproti M1.

Studie Lang et al. (2015) naznačuje, že při porovnávání jednotlivých frakcí TS, je důležité se zejména zaměřit na BFM a SMM mezi kategoriemi BMI, u kterých jsou signifikantní



diference. Při porovnávání zastoupených vybraných frakcí TS mezi kategoriemi BMI byly prokázány signifikantní rozdíly u BFM mezi všemi sledovanými kategoriemi u mužů i žen. Nicméně v této DP u ostatních vybraných složek TS nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi BMI kategoriemi III. a IV. ani u mužů ani u žen.

Messner et al. (2024) podobně jako naše studie prokázali rozdílnost při kategorizování na základě jednotlivých somatických indexů. Index BMI nebere v úvahu podíl BFM a FFM. Proto se 30 % studentů nacházelo v kategorii nadváhy, a to díky vyššímu zastoupení SMM. Můžeme tak vidět v této DP, že v kategorii nadprůměrného SMMI bylo zastoupeno více než 90 % žen i mužů. U studentů se jednalo o průměrnou hodnotu SMMI 11,86 kg/m<sup>2</sup> a 9,33 kg/m<sup>2</sup> u studentek. SMMI je u studujících FTK UP vyšší v porovnání se studií Masanes et al. (2012), ve které srovnávali referenční hodnoty SMMI u relativně zdravé populace ve věku 21 až 35 let s hodnotami mužů a žen v období stáří. Stanovené referenční hodnoty SMMI u relativně zdravé populace byly u mužů 9.65 kg/m<sup>2</sup> a u žen 7.65 kg/m<sup>2</sup> (Masanes et. al., 2012).

Průměrná referenční hodnota FFMI ve studii Schutze et al. (2002) uvádí ve věku 18 až 34 let u mužů je 18,9 kg/m<sup>2</sup>, u žen uvádí 15,4 kg/m<sup>2</sup>. Studující FTK UP dosahovali vyšších průměrných hodnot oproti zmíněným referenčním hodnotám u běžné populace. Muži tak dosahovali průměrných hodnot 20,73 kg/m<sup>2</sup> a ženy 16,87 kg/m<sup>2</sup> FFMI. Studující FTK UP ve srovnání s běžnou relativně zdravou populací mají vyšší FFMI.

BFMI nám ukazuje, že muži (74 %) i ženy (66 %) se nacházejí především v kategoriích s optimálním BFMI. BFMI tak může být lepším ukazatelem pro vyhodnocování množství BFM než např. BF %. Průměrná hodnota BFMI u mužů byla 3,32 kg/m<sup>2</sup> a 5,12 kg/m<sup>2</sup> u žen. Tyto průměrné hodnoty neodpovídají výsledkům studie Schutze et al., (2002), který ve své studii stanovil referenční hodnoty u běžné relativně zdravé populace napříč věkovými kategoriemi. Studující FTK UP jakožto specifická část populace měli nižší průměrné hodnoty BFMI než muži a ženy ve věku 18 až 34 ve studii Schutze et al. (2002).

FS pracuje s poměrem SMM a BF k celkové TH, v kategorii 3. s vysokým FS bylo zastoupeno 25 % mužů. Tito muži byli zároveň shledáni jako jedinci s nadváhou dle BMI. Je zřejmé, že senzitivita BMI u sportující populace, resp. studujících tělovýchovné obory je velmi nízká. Použití BMI je zavádějící a nic neříkající. Při dostupnosti měření TS je pro nás výhodnější u těchto specifických populačních skupin a sportovců využívat zdravotní ukazatele TS, které pracují s jednotlivými komponentami TS.

V rámci analýzy TS je výhodným ukazatelem u sportovců FFM pro možnost sportovního rozvoje, jelikož FFM je spjato s dalšími funkčními veličinami, jako je spotřeba kyslíku a celkový respirační objem, společně s minutovým srdečním výdejem a dalšími fyziologickými funkčními veličinami v klidu i při zátěži (Currier et al., 2019).

Optimální hydratace, a tedy zastoupení TBW je důležitým parametrem při měření a hodnocení pomocí BIA. Sledování TBW celkově a v jednotlivých segmentech nám může pomoci při analýze zatěžování u sportovců. Ve studii Chumlea et al. (2001) uvádí průměrné hodnoty TBW u běžné populace napříč věkovými kategoriemi, kde ve věkovém rozmezí 20 až 29 let muži dosahovali průměrných hodnot 45.6 l a ženy 32.0 l TBW. Průměrné hodnoty TBW u studujících FTK UP jsou vyšší než ve studii Chumlea et al. (2001), TBW byla u FTK UP studentů 49,50 l a u studentek 34,63 l TBW.

Studenti FTK UP dosahovali vyšších průměrných hodnot TH a Sta ve srovnání s výsledky se studie Fatih (2018), jejíž cílem bylo stanovit somatický profil tureckých studentů VŠ oborů TV a sportu ve věkovém rozmezí 19 až 25 let. Turečtí studenti, kteří měli tak v průměrných hodnotách nižší Sta (cm), TH (kg), díky čemuž měli následně i nižší BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) oproti studentům FTK UP. Nelze však srovnávat objektivně zastoupení BF % s touto studií. Tato DP využívala pro zjištění BF % (MF-BIA) zatímco studie Fatih (2018) využívala kaliperaci.

Kęska et al. (2018) porovnávali změny v TS u studentů během 1. roku studia na VŠ oboru TV. V průběhu 1 roku studia došlo ke snížení BFM a zvýšení FFM. Pro svou práci využívala MF-BIA pomocí přístroje Tanita BC 418. Studenti FTK dosahovali nižších průměrných hodnot Sta (cm), TH (kg) a BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) s minimálním rozdílem BF % oproti polským studentům VŠ oboru TV.

Dále byli studenti srovnání se studií Kinkorová (2015), ve které bylo měřeno TS za pomoci MF-BIA přístrojem Tanita MC 980 u studentů VŠ vojenského oboru (VO) na FTVS UK ve věkovém rozmezí 19 až 27 let. Při srovnání studentů FTK UP se studenty VO FTVS UK byly průměrné hodnoty Sta (cm), TH (kg) a BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) téměř shodné. Nicméně oproti porovnání s tureckými studenty se studií Fatih (2018) a polskými studenty dle Kęska et al. (2018) byl větší rozdíl mezi studenty FTK UP a FTVS UK VO v zastoupení BF %. Tento 5 % rozdíl tak může být způsoben odlišným charakterem výzkumného souboru sportovců a sportovně zaměřených studentů VŠ VO jejichž zátěž během studia při daném může být náročnější než u studentů oboru TV.

Při srovnání somatických parametrů u žen vidíme, že studentky FTK UP dosahovaly vyšších hodnot u Sta (cm) a TH (kg) ve srovnání s výsledky Pilis et al. (2019), která ve své práci měřila TS studentek VŠ oboru TV, za pomoci SF-BIA přístrojem Tanita TBF 300. Studentky FTK UP s průměrnou TH 61,64 kg měly o 5 kg větší TH oproti ženám studie Pilis et al. (2019). Tento hmotnostní rozdíl mohl mít za následek rozdílné zastoupení BF %. Ve srovnání s výsledky studie Baťová (2018), ve které měřila studující na FTVS UK oborů TV a fyzioterapie za pomoci přístroje Tanita MC 980, dosáhly studentky FTK UP nižších hodnot TH (kg) a Sta (cm). Studentky FTK UP a FTVS UK měly ve srovnání hodnoty BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) společně s BF % téměř shodné, jedná se tak o

minimální rozdíly. Studentky FTK byly porovnány se studií Białek-Dratwa et al. (2022), která ve své studii zkoumá rozdíly TS mezi polskými hráčkami volejbalu s ženami provozujícími body-building a fitness ve věkovém rozmezí 19 až 29 let za použití MF-BIA přístrojem Tanita MC 780. Volejbalistky dosahovaly vyšších průměrných hodnot Sta (cm) a TH (kg), ale nižších hodnot BF % ve srovnání se studentkami FTK UP. Tato DP se zaměřila na specifickou část populace, tedy PA jedinců.

Při porovnání s ostatními studii uvedenými v tabulce 8 vidíme, že v případě této DP se jedná o početně výrazně větší zastoupení měřených jedinců.

Pilis et al. (2019) ve své studii uvádí, že v případě sportovkyň je nezbytná edukace v rámci stravování a „zdravému“ zastoupení BF %, protože se jedná o specificky životní styl u žen s častou PA. Nízký BF % může mít z dlouhodobého hlediska negativní efekt na zdravotní stav. Zastoupení „zdravého“ množství BF % u PA jedinců, ale i u vrcholových a výkonnostních sportovkyň se liší podle charakteru vykonávané PA a sportu. Sportovkyně zaměřující se ve svém sportu na estetiku jako je body-building a fitness mají nižší hodnoty BF % oproti hráčkám volejbalu (Białek-Dratwa et al., 2022).

Předpokládáme homogenitu skupiny na základě vykazování pravidelné PA a dodržování zdravého životního stylu. V této DP byly stanoveny a porovnány vybrané komponenty TS studujících FTK UP v letech 2012 až 2022 s ohledem na věk a pohlaví.

### Tabulka 7

*Srovnání somatických parametrů mužů se studenty z jiných VŠ*

Studie	Soubor	n	Sta (cm)	TH (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Tuk (%) (metodika)
DP	Studenti					13,43 ± 5,54
Hvozdovič (2024)	FTK UP Olomouc	845	180,36 ± 3,25	78,38 ± 7,06	23,17 ± 3,25	MF-BIA InBody 720
Fatih Çatikkas (2018)	Students of PE and Sports	258	178,67 ± 9,43	73,44 ± 13,64	22,86 ± 3,05	14,43 ± 4,41 (Kožní řasy)
Anna Kęska (2018)	Students of PE	61	181,1 ± 6,20	76,9 ± 9,05	23,5 ± 2,49	11,9 ± 4,18 MF-BIA Tanita BC 418

Kinkorová (2015)	Studenti VO FTVS	22	179,9 ± 6,0	76,8 ± 7,0	23,8 ± 1,5	8,3 ± 3,0 MF-BIA Tanita MC 980
---------------------	---------------------	----	-------------	------------	------------	---

Poznámka: M = průměr ± SD. n = počet probandů, Sta = tělesná výška (cm), TH = tělesná hmotnost (kg), BMI = Body mass index (kg/m<sup>2</sup>)

### Tabulka 8

*Srovnání somatický parametrů se studentkami z jiných VŠ*

Studie	Soubor	n	Sta (cm)	TH (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	BF (%) (metodika)
DP	Studentky					22,76 ± 6,13
Hvozdovič (2024)	FTK UP Olomouc	902	167,27 ± 6,11	61,64 ± 9,06	21,98 ± 2,68	MF-BIA InBody 720 19,92 ± 5,69
Pilis et al. (2019)	Students of PE and Sports	12	166,58 ± 5,11	56,32 ± 5,91	20,26 ± 1,64	SF-BIA Tanita TBF 300 21,9 ± 4,7
Baťová (2018)	Studentky FTVS	45	168,2 ± 5,5	62 ± 6,8	21,9 ± 2,2	MF-BIA Tanita MC 980 20,2 ± 3,5
Białek- Dratwa et al. (2022)	Polish Athletes	50	178,1 ± 6,4	69,8 ± 7,4	21,9 ± 6,2	MF-BIA Tanita MC 780

Poznámka: M = průměr, ± = SD, n = počet probandů, Sta = tělesná výška (cm), TH = tělesná hmotnost (kg), BMI = Body mass index (kg/m<sup>2</sup>), BF % = Body fat percentage (%).

## 7 ZÁVĚR

V této DP byly stanoveny a analyzovány vybrané frakce TS studujících v letech 2012 až 2022 na FTK UP.

U mužů byly průměrné hodnoty signifikantně vyšší než u žen v případě FFM, SMM, BCM, TBW, ICW, ECW, minerálů a proteinů. Ženy dosahovaly průměrně vyšších hodnot u BF%, BFM, VFA. Hypotéza  $H_{10}$  týkající se rozdílů mezi pohlavími byla z toho důvodu zamítnuta.

Při porovnání vybraných frakcí TS mezi věkovými kategoriemi u žen, tedy Ž1 a Ž2 byly rozdíly minimální (bez signifikantních diferencí), tyto výsledky potvrdili  $H_{30}$ . Ve výsledcích u mužských věkových kategorií (M1 a M2) jsme našli statisticky významné rozdíly ve všech vybraných sledovaných parametrech TS ve prospěch M2. Díky těmto výsledkům  $H_{20}$  zamítáme.

Při porovnání průměrných hodnot BFM v jednotlivých kategoriích BMI byly shledány ve všech kategoriích signifikantní rozdíly u mužů i žen. Statisticky významné rozdíly byly shledány u všech vybraných tělesných frakcí mezi kategoriemi BMI I. až III. u žen a u mužů mezi kategoriemi II. a III. Díky těmto výsledkům zamítáme  $H_{40}$ .

Více než 48 % studentek se nacházelo v kategorii s průměrným FFMI. U studentů téměř polovina souboru obsadila kategorii s nadprůměrným FFMI.

Svalová hmota (SMM) u studentů a studentek FTK UP je na velmi vysoké úrovni. Obě pohlaví byla z více než 90 % zařazena do kategorie s nadprůměrným zastoupením SMM.

V kategorii s optimálním BFMI bylo lokalizováno 74 % mužů a 66 % žen. Kategorie s nízkými hodnotami BFMI obsadilo 27 % studentek a 14 % studentů.

FS pracuje s poměrem SMM a BFM. Avšak pomocí FS se studující většinou jeví jako průměrní, nicméně při srovnání se zdravotními ukazateli TS vidíme že nejedná o průměrně jedince.

Studující na FTK UP jsou specifickou populační skupinou, s většinou vyšším zastoupením kosterně svalové hmoty a nižším zastoupením tukové hmoty. Pro většinu z nich je používání BMI málo senzitivní.

## 8 SOUHRN

Cílem této DP bylo stanovit a analyzovat vybrané frakce TS a vyhodnotit somatický profil studujících FTK UP.

V rámci dílčích cílů a hypotéz jsme chtěli porovnat rozdíly TS mezi pohlavími a mezi mladšími a staršími věkovými kategoriemi studujících, tedy M1 a M2, Ž1 a Ž2. U studujících byly dále porovnávány složky TS v rámci jednotlivých kategorií BMI s ohledem na pohlaví.

Výzkumný soubor byl tvořen 1747 studujících TV oborů VŠ FTK UP, kteří byli sledováni v časovém období od 2012 do 2022. Studující byli podrobena standardnímu antropometrickému měření Sta. Následná analýza TS byla uskutečněna za pomoci přístroje InBody 720 jehož princip je založen na metodě MF-BIA. Antropometrické měření společně s analýzou TS probíhalo v prostorách antropometrické laboratoře KPK na FTK UP za standardizovaných podmínek. V této práci jsme se zaměřili na vybrané komponenty TS, mezi které jsme zařadili BF (%), BCM (kg), FFM (kg), SMM (kg), BFM (kg), TBW (l), ICW (l) a ECW (l). Pomocí vypočtených zdravotních ukazatelů TS (BFMI, FFMI, SMMI) výpočtem vztáhnutím absolutních hodnot jednotlivých frakcí k druhé mocnině Sta. Studující byli rozděleni podle hmotnostně-výškového indexu BMI do jednotlivých kategorií pro porovnání vybraných somatických parametrů mezi kategoriemi BMI.

Pro testování statistické významnosti rozdílů v průměrných hodnotách mezi pohlavími a věkovými kategoriemi byl využit Studentů t-test. Pro testování statistické významnosti u průměrných hodnot vybraných somatických parametrů mezi jednotlivými kategoriemi BMI byl využit Kruskal-Wallis test.

Stanovili jsme si 4 hypotézy. Hypotézy H1, H2 a H4 jsme na základě výsledků zamítli.

Při porovnávání rozdílu mezi věkovými kategoriemi nebyly shledány signifikantní difference u vybraných komponent TS mezi Ž1 a Ž2. Na základě těchto výsledků H3<sub>0</sub> potvrzujeme.

U mužů se jednalo o statisticky významné rozdíly mezi věkovými kategoriemi, kdy M2 měli větší zastoupení průměrných hodnot sledovaných frakcí TS. H2<sub>0</sub> byla na základě těchto výsledků zamítnuta. Statisticky významný rozdíl nebyl prokázán mezi M1 a M2 v zastoupení proteinů a minerálů.

V rámci zastoupení vybraných frakcí TS u jednotlivých kategorií BMI s ohledem na pohlaví se jednalo o statisticky významný rozdíl mezi všemi kategoriemi u BFM. Mezi BMI kategoriemi I. až III. u žen a II. a III. u mužů byly shledány statisticky významné rozdíly u všech vybraných frakcí TS. H4<sub>0</sub> byla tak zamítnuta. V případě sledování vybraných parametrů TS u kategorií III. a IV. BMI byly rozdíly minimální bez statistického významu.

V rámci statistického šetření byly shledány signifikantní rozdíly u všech vybraných frakcí TS mezi pohlavími. Ženy měly průměrné vyšší hodnoty u BFM, BF % a VFA. Muži měli na druhou stranu větší průměrné hodnoty u vodních kompartmentů, FFM, BCM, SMM, proteinů a minerálů. Díky těmto výsledkům tak zamítáme  $H_{10}$ .

Kategorizování studujících FTK UP pomocí somatického indexu BMI, který pracuje pouze s Sta a TH bez ohledu na věk, může být zkreslující. Vidíme, že 30 % mužů a 7 % žen bylo na základě BMI do kategorie nadváhy.

TS pracuje se zdravotními ukazateli, kdy absolutní hodnoty BFM, FFM a SMM můžeme vztáhnout k druhé mocnině Sta, podobně jako je tomu u BMI. V kategorii s optimálním BFMI bylo zastoupeno 66 % žen a 74 % mužů. Početně nejvíce zastoupena byla u žen 48 % kategorie s průměrných FFMI. Nejvíce mužů 43 % bylo lokalizováno v kategorii s nadprůměrným FFMI a v kategorii s průměrným FFMI 29 %. Kategorie dle SMMI prokázala nadprůměrné zastoupení SMM u této specifické skupiny pomocí nejvyššího a většinového zastoupení mužů, z 97 % a ženy zastoupené z 94 % v kategorii 3. s nadprůměrným SMMI.

Posledním posuzovacím kritériem, studujících bylo FS. Toto bodové hodnocení, které je vytvořeno tvůrci softwaru Inbody pracující s poměrem SMM a BFM v závislosti na Sta (cm) a TH (kg). V 2. kategorii bylo poččetně nejvíce zastoupeno muži (73 %) i ženami (90 %). Bodově 2. kategorii lze vyjádřit v rozmezí 70–90 bodů. Jedinci zařazení v této kategorii jsou charakterizováni s průměrnou tělesnou zdatností. Pouze 25 % mužů a 2 % žen dostalo bodové ohodnocení nad 90 bodů FS, tedy nadprůměrně tělesně zdatní. I přes to že FS pracuje s poměrem SMM a BFM se většina studujících jeví jako průměrní, nicméně při srovnání se zdravotními ukazateli TS vidíme že nejedná o průměrné jedince.

BMI je hmotnostně výškový index, který hodnotí OTH. Při podrobnější analýze a hodnocení TS zjišťujeme u této specifické skupiny PA jedinců, že se nejedná o jedince s nadváhou případně obézní při vyšší TH. Použití BMI pro většinu PA jedinců je málo senzitivní. Při dostupnosti měření TS je pro nás výhodnější využívat zdravotní ukazatele TS, které pracují s jednotlivými komponentami TS.

Při srovnání studentů a studentek FTK UP se studujícími z jiných VŠ tělovýchovných oborů vidíme rozdíly v zastoupení BF %, tyto rozdíly však jsou minimální. Ve všech případech se jedná o zdravotně „nezávadného“ množství BF %. V případě studujících FTK UP se jedná o specifickou skupinu sportovně založených a PA jedinců, u kterých je ve většině případů SMM na velmi vysoké úrovni a u téměř všech je nižší zastoupení BFM.

## 9 SUMMARY

The goal of this master's thesis was to determine and analyze selected fractions of body composition and evaluate the somatic profile of FTK UP students.

As part of the sub-goals and hypotheses, we wanted to compare TS differences between genders and between younger and older age categories of students. Components of body composition were further compared within individual BMI categories with regards to gender.

The research group consisted of 1,747 students studying PE and sport at the FTK Palacký University Olomouc, who were measured in the period from 2012 to 2022. The body composition analysis was carried out using the InBody 720, the principle of which is based on the MF-BIA method. Anthropometric measurements together with body composition analysis took place in the premises of the anthropometric laboratory of KPK at FTK UP under standardized conditions. In this work, we focused on selected components of body composition, among which we included BF (%), BCM (kg), FFM (kg), SMM (kg), BFM (kg), TBW (l), ICW (l) and ECW (l). Using calculated body composition health indices (BFMI, FFMI, SMMI) by computing the absolute values of individual fractions to the square of body height. The students were also divided by BMI index into individual categories for comparison of selected components of body composition between those categories.

Student's t-test was used to test the statistical significance of differences in mean values between genders and age categories. The Kruskal-Wallis test was used to test the statistical significance of the average values of selected somatic parameters between individual BMI categories.

We established 4 hypotheses. Based on the results, we rejected hypotheses H1, H2 and H4.

When comparing the difference between age categories, no significant differences were found in selected components of body composition between women age categories. Based on these results, we confirm H3<sub>0</sub>.

For men, there were statistically significant differences between age categories, where M2 had a greater representation of the average values of the monitored TS fractions. H2<sub>0</sub> was rejected based on these results. A statistically significant difference was not demonstrated between M1 and M2 in the representation of proteins and minerals.

Within the representation selected fractions in individual BMI categories with respect to gender, there was a statistically significant difference between all categories in BFM. Between women BMI categories I. to III. And men categories II. and III., there were found statistically significant differences in all other selected fractions. H4<sub>0</sub> was thus rejected. In the case of



monitoring selected parameters of body composition between categories III. and IV. BMI differences were minimal without statistical significance.

As part of the statistical investigation, significant differences were found in all selected fractions of body composition between genders. Females had higher mean values for BFM, BF% and VFA. Men had higher average values in the other selected TS fractions. These were water compartments, FFM, BCM, SMM, proteins and minerals. Thanks to these results, we reject  $H_{1_0}$ .

Categorizing FTK UP students using the BMI somatic index, which only works with height and weight not considering age or BFM to SMM ratio, can be misleading. We see that 30% of men and 7% of women were overweight based on BMI.

Body composition health indices are better to analyze body composition, where the absolute values of BFM, FFM and SMM can be related to the square of height, like BMI. In the category with optimal BFMI, 66% of women and 74% of men were represented. The category with average FFMI was the most represented among women, 48%. The most men, 43%, were in the category with an above-average FFMI, and in the category with an average FFMI, 29%. The category according to SMMI showed an above-average representation of SMM for this specific group with the highest and majority representation of men, at 97%, and women represented at 94% in category 3. with an above-average SMMI.

We also evaluated the FS. This point rating, which is created by software developers working with the ratio of SMM and BFM depending on height (cm) and weight (kg). In the 2nd category, both men and women were numerically most represented. In terms of points, the 2nd category can be expressed in the range of 70-90 points. Individuals included in this category are characterized by average physical fitness. Only 25% of men and 2% of women received a score above 90 FS points, i.e. above average physical fitness. Even though FS works with the ratio of SMM and BFM, most of the students appear to be average, however, when compared with the body composition health indices, we see that they are not average individuals.

BMI is an index that evaluates our optimal weight. In a more detailed analysis and assessment of body composition, we find that this specific group of physically active individuals are not overweight or obese individuals with higher weight. The use of BMI for most physically active individuals is not very sensitive. When body composition measurements are available, it is more advantageous for us to use TS health indicators that work with individual body composition components.

When comparing male and female students of FTK UP with students from other universities of physical education, we see differences in BF%, but these differences are

minimal. In all cases, this is a healthy amount of BF%. In the case of FTK UP students, this is a specific group of sports-oriented and physically active individuals, in most cases the SMM is at a very high level and almost all of them have a lower representation of the BFM.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Abe, T., Buckner, S. L., Dankel, S. J., Jessee, M. B., Mattocks, K. T., Mouser, J. G., & Loenneke, J. P. (2018). Skeletal muscle mass in human athletes: What is the upper limit? *American Journal of Human Biology*, 30(3), e23102. <https://doi.org/10.1002/ajhb.23102>
- Arao, M., & Yajima, T. (2024). Computed tomography-based abdominal sarcopenic indices and bio-impedance analysis-based skeletal muscle mass index in hemodialyzed patients. *Clinical Nutrition ESPEN*, 59, 21–28. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2023.11.012>
- Barbayannis, G., Bandari, M., Zheng, X., Baquerizo, H., Pecor, K. W., & Ming, X. (2022). Academic stress and mental well-being in college students: correlations, affected groups, and COVID-19. *Frontiers in Psychology*, 13, 886344. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.886344>
- Baťová, M. (2018). *Vztah BMI a parametrů tělesného složení u studentů UK FTVS* (diplomová práce) Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu.
- Baumgartner, R. N. (2000). Body composition in healthy aging. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 904(1), 437–448. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06498.x>
- Biaggi, R. R., Vollman, M. W., Nies, M. A., Brener, C. E., Flakoll, P. J., Levenhagen, D. K., Sun, M., Karabulut, Z., & Chen, K. Y. (1999). Comparison of air-displacement plethysmography with hydrostatic weighing and bioelectrical impedance analysis for the assessment of body composition in healthy adults. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69(5), 898–903. <https://doi.org/10.1093/ajcn/69.5.898>
- Białek-Dratwa, A., Staśkiewicz, W., Grajek, M., Filip, A., Rozmiarek, M., Krupa-Kotara, K., & Kowalski, O. (2022). Body Composition and Its Perception among Professional Female Volleyball Players and Fitness Athletes (Silesia, Poland). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 11891. <https://doi.org/10.3390/ijerph191911891>
- Bibi, S., Naeem, M., Bahls, M., Dörr, M., Friedrich, N., Nauck, M., Bülow, R., Völzke, H., Paulista Markus, M. R., & Ittermann, T. (2023). Body composition markers from classic anthropometry, bioelectrical impedance analysis, and magnetic resonance imaging are associated with inflammatory markers in the general population. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 33(10), 1899–1906. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2023.05.026>
- Biospace. (2008). InBody 720 - The precision body composition analyzer (User's Manual). Retrieved from <http://www.e-inbody.com/>

- Biospace. (2009). Lookin' Body 3.0. Seoul: Biospace Co., Ltd.
- Birx, H. (2012). *21st Century Anthropology: A Reference Handbook*. SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781412979283>
- Blue, M. N. M., Tinsley, G. M., Ryan, E. D., & Smith-Ryan, A. E. (2021). Validity of body-composition methods across racial and ethnic populations. *Advances in Nutrition*, *12*(5), 1854–1862. <https://doi.org/10.1093/advances/nmab016>
- Boughman, J. K., Masters, M. A., Morgan, C. A., Ruden, T. M., & Rochelle, S. G. (2019). Assessing the validity of bioelectrical impedance and skinfold calipers for measuring body composition in NOLS backcountry hikers. *Wilderness and Environmental Medicine*, *30*(4), 369–377. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2019.06.011>
- Bredella, M. A. (2017). Sex differences in body composition. In T. Kanosue, et al. (Eds.), *Advances in experimental medicine and biology* (Vol. 1043, pp. 9–27). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-70178-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70178-3_2)
- Burkhauser, R. V., & Cawley, J. (2008). Beyond BMI: The value of more accurate measures of fatness and obesity in social science research. *Journal of Health Economics*, *27*(2), 519–529. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2007.05.005>
- Cacek, J., Hlavoňová, D., Grasgruber, P., & Kalina, T. (2012). Obesity as an indicator of fitness of different age groups of men of the Czech Republic. *Gymnasium: Scientific Journal Of Education, Sports & Health*, *13*(2), 78-84.
- Cairney, J., & Veldhuizen, S. (2017). Organized sport and physical activity participation and body mass index in children and youth: A longitudinal study. *Preventive Medicine Reports*, *6*, 336–338. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2017.04.005>
- Chang, C. S., Liu, I. T., Li, C. C., Sun, Z. J., Chao, T. H., Liang, F. W., & Wu, C. H. (2023). Optimal body composition indices cutoff values based on all-cause mortality in the elderly. *Experimental Gerontology*, *171*, 112026. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2022.112026>
- Chumlea, W. C., Guo, S. S., Zeller, C. M., Reo, N. V., Baumgartner, R. N., Garry, P. J., Wang, J., Pierson, R. N., Jr., Heymsfield, S. B., & Siervogel, R. M. (2001). Total body water reference values and prediction equations for adults. *Kidney International*, *59*(6), 2250-2258. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1755.2001.00741.x>
- Cobiac, L. J., Vos, T., & Barendregt, J. J. (2009). Cost-effectiveness of interventions to promote physical activity: A modelling study. *PLoS Medicine*, *6*(7), e1000110. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000110>
- Cöster, M. C., Rosengren, B. E., Karlsson, C., von Schevelow, T., Magnusson, H., Brudin, L., & Karlsson, M. K. (2014). Bone mass and anthropometry in patients with osteoarthritis of the foot and ankle. *Foot and Ankle Surgery*, *20*(1), 52–56.

- <https://doi.org/10.1016/j.fas.2013.10.008>
- Currier, B. S., Harty, P. S., Zabriskie, H. A., Stecker, R. A., Moon, J. M., Jagim, A. R., & Kerksick, C. M. (2019). Fat-free mass index in a diverse sample of male collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(6), 1474–1479. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003158>
- Dempster, P., & Aitkens, S. (1995). A new air displacement method for the determination of human body composition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(12), 1692–1697. <https://doi.org/10.1249/00005768-199512000-00017>
- Detanico, D., Kons, R. L., Fukuda, D. H., & Teixeira, A. S. (2020). Physical performance in young judo athletes: influence of somatic maturation, growth, and training experience. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 91(3), 425–432. <https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1679334>
- Dimova, R., Chakarova, N., Kirilov, G., Grozeva, G., Shinkov, A., & Tankova, T. (2020). Vitamin D binding protein is related to cardiac autonomic function and metabolic status in prediabetes. *Nutrition Research*, 75, 56–66. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2019.12.008>
- Elliott, S., Pankowiak, A., Eime, R., & Drummond, M. (2023). Sport parenting during the COVID-19 pandemic: Perceptions of parents and youth in Australia. *Psychology of Sport and Exercise*, 64, 102299. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102299>
- Fatih, Ç., & Cem, K. (2018). Anthropometric profiles of physical education and sports students. *Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Sports Sciences*, 1(1), 35–45.
- Gába, A., & Přidalová, M. (2016). Diagnostic performance of body mass index to identify adiposity in women. *European Journal of Clinical Nutrition*, 70(8), 898–903. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2015.211>
- Gába, A., Přidalová, M., & Zajáč-Gawlak, I. (2014). Posouzení objektivit hodnocení výskytu obezity na základě body mass indexu vzhledem k procentuálnímu zastoupení tělesného tuku u žen ve věku 55-84 let. *Casopis Lekarů Ceských*, 153(1), 22–27. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24506689>
- Gallagher, D., Visser, M., Wang, Z., Harris, T., Pierson, R. N., & Heymsfield, S. B. (1996). Metabolically active component of fat-free body mass: Influences of age, adiposity, and gender. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 45(8), 992–997. [https://doi.org/10.1016/S0026-0495\(96\)90269-3](https://doi.org/10.1016/S0026-0495(96)90269-3)
- Gallo, N., Horvath, K., Czuppon, K., Tomsits, E., Felegyhazi, E., & Kovacs, G. T. (2021). Different nutritional screening tools and recommended screening algorithm for pediatric oncology patients. *Clinical Nutrition*, 40(6), 3836–3841. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.05.013>
- Genkinger, J. M., Kitahara, C. M., Bernstein, L., Berrington de Gonzalez, A., Brotzman, M.,

- Elena, J. W., Giles, G. G., Hartge, P., Singh, P. N., Stolzenberg-Solomon, R. Z., Weiderpass, E., Adami, H. O., Anderson, K. E., Beane-Freeman, L. E., Buring, J. E., Fraser, G. E., Fuchs, C. S., Gapstur, S. M., Gaziano, J. M., ... Jacobs, E. J. (2015). Central adiposity, obesity during early adulthood, and pancreatic cancer mortality in a pooled analysis of cohort studies. *Annals of Oncology*, *26*(11), 2257–2266. <https://doi.org/10.1093/annonc/mdv355>
- Hajar, N., Brar, S., Chowdhury, N., Ali, S., Rackett, R., & Hila, A. (2011). Waist HIP Ratio (WHR) vs Body Mass Index (BMI) to Assess Relationship Between Obesity and GERD. *Gastroenterology*, *140*(5), S-249. [https://doi.org/10.1016/s0016-5085\(11\)61001-9](https://doi.org/10.1016/s0016-5085(11)61001-9)
- He, X., Li, Z., Tang, X., Zhang, L., Wang, L., He, Y., Jin, T., & Yuan, D. (2018). Age- and sex-related differences in body composition in healthy subjects aged 18 to 82 years. *Medicine (United States)*, *97*(25), e11152. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000011152>
- Heymsfield, S. B., Pietrobelli, A., Wang, Z. M., & Saris, W. H. M. (2005). The end of body composition methodology research? *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, *8*(6), 591–594. <https://doi.org/10.1097/01.mco.0000171151.43410.a5>
- Heymsfield, S. B., Wang, Z. M., Baumgartner, R. N., & Ross, R. (1997). Human body composition: Advances in models and methods. *Annual Review of Nutrition*, *17*(1), 527–558. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.17.1.527>
- InBody Co., Ltd. (n.d.). *InBody720 user manual*. Retrieved from [https://www.bodyanalyse.no/gammel/images/stories/inbody/dokumenter/InBody720\\_User\\_manual.pdf](https://www.bodyanalyse.no/gammel/images/stories/inbody/dokumenter/InBody720_User_manual.pdf)
- Jałocha, I., Ławiński, M., Zadka, K., Matin, M., Jachnis, A., Ukleja, A., Charuta, A., Horbańczuk, J. O., Słodkowski, M., & Atanasov, A. G. (2024). The impact of home enteral nutrition planned with the use of indirect calorimetry on the nutritional status and body composition of cancer patients. *Current Research in Biotechnology*, *7*, 100160. <https://doi.org/10.1016/j.crbiot.2023.100160>
- Johnson, A. M., Knell, G., Walker, T. J., & Kroshus, E. (2023). Differences in American adolescent sport participation during the COVID-19 pandemic by learning mode: A national survey. *Preventive Medicine Reports*, *32*, 102151. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2023.102151>
- Kaplanová, T., Přidalová, M., & Zbořilová, V. (2018). Adiposity and physical activity in physically active and inactive elderly women at the university of third age in Palacký university olomouc. *Journal of Physical Education and Sport*, *18*(2), 792–799. <https://doi.org/10.7752/jpes.2018.02117>
- Katsura, N., & Kotani, J. (2023). Extracellular water to total body water ratio (ECW/TBW) may

- mediate the association between skeletal muscle mass (SMM) and body mass index (BMI) in patients with cancer cachexia. *Clinical Nutrition ESPEN*, 54, 710–711. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2022.09.734>
- Kelley, G. A., Kelley, K. S., & Pate, R. R. (2019). Exercise and adiposity in overweight and obese children and adolescents: A systematic review with network meta-analysis of randomised trials. *BMJ Open*, 9(11), e031220. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-031220>
- Kęska, A., Lutosławska, G., Mazurek, K., Czajkowska, A., Tkaczyk, J., & Iwańska, D. (2018). Changes in anthropometry and selected metabolic parameters in young men during their first year of study at a university of physical education. *American Journal of Men's Health*, 12(2), 463–471. <https://doi.org/10.1177/1557988317743151>
- Kinkorová, I., & Vrba, M. (2015). Stav antropometrických parametrů a tělesného složení u studentů Vojenského oboru UK FTVS v Praze. *Studia Sportiva*, 9(2), 57–67. <https://doi.org/10.5817/sts2015-2-5>
- Kitamura, E., Kawasaki, Y., Kasai, T., Midorikawa, I., Shiroshita, N., Kawana, F., Ogasawara, E., Kitade, M., Itakura, A., Koikawa, N., & Matsuda, T. (2021). The relationship between body composition and sleep architecture in athletes. *Sleep Medicine*, 87, 92–96. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2021.08.028>
- Klement, R. J., Joos, F. T., Reuss-Borst, M. A., & Kämmerer, U. (2023). Measurement of body composition by DXA, BIA, leg-to-leg BIA and near-infrared spectroscopy in breast cancer patients – comparison of the four methods. *Clinical Nutrition ESPEN*, 54, 443–452. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2023.02.013>
- Kopecký, M., Matejovičová, B., Cymek, L., Roznowski, J., & Švarc, M. (2019). *Manual of Physical Anthropology*. Olomouc, Česká republika: Palacký University. <https://doi.org/10.5507/fzv.19.24453590>
- Kudláček, M. (2015). Pohybová aktivita a sportovní preference adolescentů ve vazbě na prostředí - regionální komparativní studie. *Tělesná Kultura*.
- Lang, P. O., Trivalle, C., Vogel, T., Proust, J., & Papazian, J. P. (2015). Markers of metabolic and cardiovascular health in adults: Comparative analysis of DEXA-based body composition components and BMI categories. *Journal of Cardiology*, 65(1), 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2014.03.010>
- Lee, E. J., Kim, D. K., Yoo, S. M., Kim, K. N., & Lee, S. Y. (2010). Association of visceral fat area measured by inbody 720 with the results measured by CT, DEXA and anthropometric measurement. *Korean Journal of Family Medicine*, 31(3), 190–197. <https://doi.org/10.4082/kjfm.2010.31.3.190>
- Lee, M. M., Jebb, S. A., Oke, J., & Piernas, C. (2020). Reference values for skeletal muscle mass

- and fat mass measured by bioelectrical impedance in 390 565 UK adults. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 11(2), 487–496. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12523>
- Lohman, T. G. (1981). Skinfolds and body density and their relation to body fatness: A review. *Human Biology*, 53(2), 181–225. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7239496>
- Lu, Y., Shan, Y., Dai, L., Jiang, X., Song, C., Chen, B., Zhang, J., Li, J., Zhang, Y., Xu, J., Li, T., Xiong, Z., Bai, Y., & Huang, X. (2023). Sex-specific equations to estimate body composition: Derivation and validation of diagnostic prediction models using UK Biobank. *Clinical Nutrition*, 42(4), 511–518. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2023.02.005>
- Lukaski, H. C., Johnson, P. E., Bolonchuk, W. W., & Lykken, G. I. (1985). Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *American Journal of Clinical Nutrition*, 41(4), 810–817. <https://doi.org/10.1093/ajcn/41.4.810>
- Ma, L., Hagquist, C., & Kleppang, A. L. (2020). Leisure time physical activity and depressive symptoms among adolescents in Sweden. *BMC Public Health*, 20(1), 997. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09022-8>
- Malá, L., Malý, T., & Zahálka, F. (2023). *Body composition in soccer*. Praha, Česká republika: Karolinum Press. <https://doi.org/10.2307/jj.9669283>
- Masanés, F., Culla, A., Navarro-Gonzalez, M., Navarro-Lopez, M., Sacanella, E., Torres, B., & Lopez-Soto, A. (2012). Prevalence of sarcopenia in healthy community-dwelling elderly in an urban area of Barcelona (Spain). *The journal of nutrition, health & aging*, 16(2), 184–187. <https://doi.org/10.1007/s12603-011-0108-3>
- Mateo-Orcajada, A., Vaquero-Cristóbal, R., & Abenza-Cano, L. (2024). Importance of training volume through the use of step trackers apps promoted from the subject of physical education to change body composition, physical fitness and physical activity in adolescents and the influence of gender. *Physiology and Behavior*, 273, 114402. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2023.114402>
- McKay, C. D., Gubhaju, L., Gibberd, A. J., McNamara, B. J., Macniven, R., Joshy, G., Roseby, R., Williams, R., Yashadhana, A., Fields, T., Porykali, B., Azzopardi, P., Banks, E., & Eades, S. J. (2023). Health behaviours associated with healthy body composition among Aboriginal adolescents in Australia in the ‘Next Generation: Youth Well-being study.’ *Preventive Medicine*, 175, 107715. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2023.107715>
- Merriman, H., Barrios, J., & Jackson, K. (2023). Test-Retest reliability of 3D scanning devices for measuring lower limb volume. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 104(3), e54–e55. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2022.12.158>
- Messner, A., Nairz, J., Kiechl, S., Winder, B., Pechlaner, R., Geiger, R., Knoflach, M., Kiechl-Kohlendorfer, U., Asare, M., Bock-Bartl, M., Egger, A. E., Geiger, R., Gelmi, S.,



- Griesmacher, A., Hochmayr, C., Huber, J., Kiechl, S. J., Kiechl, S., Kiechl-Kohlendorfer, U., Winder, B. (2024). Comparison of body mass index and fat mass index to classify body composition in adolescents—The EVA4YOU study. *European Journal of Pediatrics*, 183(5), 2203–2214. <https://doi.org/10.1007/s00431-024-05474-x>
- Midorikawa, T., Sekiguchi, O., Beekley, M. D., Bembien, M. G., & Abe, T. (2007). A comparison of organ-tissue level body composition between college-age male athletes and nonathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 28(2), 100–105. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924139>
- Nawai, A., Phongphanngam, S., Khumrungsee, M., & Leveille, S. G. (2021). Factors associated with nutrition risk among community-dwelling older adults in Thailand. *Geriatric Nursing*, 42(5), 1048–1055. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2021.06.005>
- Ohta, M., Midorikawa, T., Hikiyama, Y., Sakamoto, S., Kawakami, Y., Fukunaga, T., & Kanehisa, H. (2017). Body mass-to-waist ratio strongly correlates with skeletal muscle volume in children. *PLoS ONE*, 12(5), e0177155. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177155>
- Oshita, K., & Myotsuzono, R. (2021). An association between the physical activity level and skeletal muscle mass index in female university students with a past exercise habituation. *Osteoporosis and Sarcopenia*, 7(4), 146–152. <https://doi.org/10.1016/j.afos.2021.10.002>
- Owen, A. J., Abramson, M. J., Ikin, J. F., McCaffrey, T. A., Pomeroy, S., Borg, B. M., Gao, C. X., Brown, D., & Liew, D. (2020). Recommended intake of key food groups and cardiovascular risk factors in Australian older, rural-dwelling adults. *Nutrients*, 12(3), 860. <https://doi.org/10.3390/nu12030860>
- Parra-Peralbo, E., Talamillo, A., & Barrio, R. (2021). Origin and development of the adipose tissue, a key organ in physiology and disease. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.786129>
- Pastucha, D. et al. (2014). *Tělovýchovné lékařství*. Praha, Česká republika: Graga Publishing.
- Perna, S., Nichetti, M., Isu, A., Nicosanti, G., Spadaccini, D., & Rondanelli, M. (2018). Evaluation of body cellular mass index In healthy, sarcopenic and sarcopenic obese elderly. A cross sectional study. *Nutrition*, 50, e4. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.03.023>
- Pilis, K., Stec, K., Pilis, A., Mroczek, A., Michalski, C., & Pilis, W. (2019). Body composition and nutrition of female athletes. *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny / Annals of the National Institute of Hygiene*, 70(3), 243–251. <https://doi.org/10.32394/rpzh.2019.0074>
- Preedy, V. R. (2012). *Handbook of anthropometry: physical measures of human form in health and disease*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1788-1>
- Riegerová, J., Přidalová, M., Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu : (příručka funkční antropologie)* (3rd ed.). Olomouc: Hanex.

- Rondanelli, M., Talluri, J., Peroni, G., Donelli, C., Guerriero, F., Ferrini, K., Riggi, E., Sauta, E., Perna, S., & Guido, D. (2018). Beyond body mass index. Is the body cell mass index (BCMI) a useful prognostic factor to describe nutritional, inflammation and muscle mass status in hospitalized elderly?: Body cell mass index links in elderly. *Clinical Nutrition, 37*(3), 934–939. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2017.03.021>
- Schutz, Y., Kyle, U. U. G., & Pichard, C. (2002). Fat-free mass index and fat mass index percentiles in caucasians aged 18-98 y. *International Journal of Obesity, 26*(7), 953–960. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802037>
- Shahinfar, H., Jayedi, A., Torabynasab, K., Payandeh, N., Martami, F., Moosavi, H., Bazshahi, E., & Shab-Bidar, S. (2023). Comparative effects of nutraceuticals on body weight in adults with overweight or obesity: A systematic review and network meta-analysis of 111 randomized clinical trials. *Pharmacological Research, 196*, 106944. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2023.106944>
- Shimada, T., Chubachi, S., Otake, S., Sakurai, K., Sasaki, M., Iijima, H., Tanabe, N., Tanimura, K., Shimizu, K., Shirahata, T., Suzuki, M., Sato, S., Nakamura, H., Asano, K., & Fukunaga, K. (2023). Differential impacts between fat mass index and fat-free mass index on patients with COPD. *Respiratory Medicine, 217*, 107346. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2023.107346>
- Shypailo, R. J., & Wong, W. W. (2020). Fat and fat-free mass index references in children and young adults: Assessments along racial and ethnic lines. *American Journal of Clinical Nutrition, 112*(3), 566–575. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa128>
- Sigmundová, D., Sigmund, E., & Šnoblová, R. (2012). Proposal of physical activity recommendations to support of active life style of Czech children. *Tělesná Kultura, 35*(1), 9–27. <https://doi.org/10.5507/tk.2012.001>
- Sikaris, K. A., & Yen, T. (2013). CALIPER: Supporting the steps forward in paediatric laboratory measurement. *Clinical Biochemistry, 46*(13–14), 1195–1196. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2013.08.001>
- Soares, R., Brasil, I., Monteiro, W., & Farinatti, P. (2023). Effects of physical activity on body mass and composition of school-age children and adolescents with overweight or obesity: Systematic review focusing on intervention characteristics. *Journal of Bodywork and Movement Therapies, 33*, 154–163. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2022.09.004>
- Sofková, T., Přidalová, M. (2016). *Somatodiagnostika u žen v kontextu redukční intervence* (1st ed.). Praha Powerprint.
- Sofková, T., & Přidalová, M. (2015). Somatic characteristics in relation to meeting recommended physical activity in overweight and obese women aged 30–60 years. *Acta*

- Gymnica*, 45(3), 121–128. <https://doi.org/10.5507/ag.2015.013>
- Sonnentag, S., & Jelden, S. (2009). Job stressors and the pursuit of sport activities: A day-level perspective. *Journal of Occupational Health Psychology*, 14(2), 165–181. <https://doi.org/10.1037/a0014953>
- Stefanaki, C., Pervanidou, P., Boschiero, D., & Chrousos, G. P. (2018). Chronic stress and body composition disorders: implications for health and disease. *Hormones*, 17(1), 33–43. <https://doi.org/10.1007/s42000-018-0023-7>
- Tada, M., Yamada, Y., Mandai, K., Matsumoto, Y., & Hidaka, N. (2023). Lifestyle and body composition changes in patients with rheumatoid arthritis during the COVID-19 pandemic: A retrospective, observational study. *Osteoporosis and Sarcopenia*, 9(1), 32–37. <https://doi.org/10.1016/j.afos.2023.03.003>
- Takai, Y., Nakatani, M., Aoki, T., Komori, D., Oyamada, K., Murata, K., Fujita, E., Akamine, T., Urita, Y., Yamamoto, M., & Kanehisa, H. (2018). Body shape indices are predictors for estimating fat-free mass in male athletes. *PLoS ONE*, 13(1), e0189836. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189836>
- Takai, Y., Nakatani, M., Aoki, T., Komori, D., Oyamada, K., Murata, K., Fujita, E., Akamine, T., Urita, Y., Yamamoto, M., & Kanehisa, H. (2020). Profile of regional fat and fat-free soft tissue accumulation in male athletes. *Journal of Physiological Anthropology*, 39(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s40101-020-0215-0>
- Thomas, B. J., Cornish, B. H., & Ward, L. C. (1992). Bioelectrical impedance analysis for measurement of body fluid volumes: A Review. *Journal of Clinical Engineering*, 17(6), 505. <https://doi.org/10.1097/00004669-199211000-00016>
- Tian, I. Y., Wong, M. C., Nguyen, W. M., Kennedy, S., McCarthy, C., Kelly, N. N., Liu, Y. E., Garber, A. K., Heymsfield, S. B., Curless, B., & Shepherd, J. A. (2023). Automated body composition estimation from device-agnostic 3D optical scans in pediatric populations. *Clinical Nutrition*, 42(9), 1619–1630. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2023.07.012>
- Torres, N., Vargas-Castillo, A. E., & Tovar, A. R. (2015). Adipose Tissue: White Adipose Tissue Structure and Function. In *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 35–42). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00006-4>
- Tou, N. X., Wee, S. L., Pang, B. W. J., Lau, L. K., Jabbar, K. A., Seah, W. T., Chen, K. K., & Ng, T. P. (2022). Association of fat mass index versus appendicular lean mass index with physical function – The Yishun Study. *Aging and Health Research*, 2(3), 100097. <https://doi.org/10.1016/j.ahr.2022.100097>
- Brown, P.J., & Closser, S. (2016). *Understanding and Applying Medical Anthropology* (3rd ed.). New York, USA: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315416175>

- Valach, P., Frömel, K., Jakubec, L., Benešová, D., & Salcman, V. (2017). Physical activity and sport preferences of West Bohemian adolescents. *Tělesná Kultura*, 40(1), 45–53. <https://doi.org/10.5507/tk.2017.003>
- Vanitallie, T. B., Yang, M. U., Heymsfield, S. B., Funk, R. C., & Boileau, R. A. (1990). Height-normalized indices of the body's fat-free mass and fat mass: Potentially useful indicators of nutritional status. *American Journal of Clinical Nutrition*, 52(6), 953–959. <https://doi.org/10.1093/ajcn/52.6.953>
- Vařeková, J., Vrátná, E., Da'ová, K., Strnad, P., & Vařeka, T. (2018). Pohybová aktivita u jedinců s diabetes mellitus 2. typu. / Physical activity in type 2 diabetes mellitus individuals. *Aplikované Pohybové Aktivity v Teorii a Praxi*, 8(1/2), 57–66. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=131246043&site=ehost-live>
- Wagner, D. R., & Heyward, V. H. (1999). Techniques of body composition assessment: A review of laboratory and field methods. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70(2), 135–149. <https://doi.org/10.1080/02701367.1999.10608031>
- Wakahara, T., Takeshita, K., Kato, E., Miyatani, M., Tanaka, N. I., Kanehisa, H., Kawakami, Y., & Fukunaga, T. (2010). Variability of limb muscle size in young men. *American Journal of Human Biology*, 22(1), 55–59. <https://doi.org/10.1002/ajhb.20951>
- Wayne, D., Kwok, T. C., Budge, H., Symonds, M. E., & Ojha, S. (2020). Origins of adipose tissue and adipose regulating hormones. *Maternal-Fetal and Neonatal Endocrinology: Physiology, Pathophysiology, and Clinical Management* (pp. 663–672). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814823-5.00039-8>
- WHO (2010). *A healthy lifestyle – WHO recommendations*. Retrieved 13. 3. 2024 from the World Wide Web: <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/a-healthy-lifestyle---who-recommendations>
- Yuan, W., Chen, L., Wu, Y., Su, B., Liu, J., Zhang, Y., Chen, M., Ma, Y., Guo, T., Wang, X., Ma, T., Ma, Q., Cui, M., Ma, J., & Dong, Y. (2023). Sleep time and quality associated with depression and social anxiety among children and adolescents aged 6–18 years, stratified by body composition. *Journal of Affective Disorders*, 338, 321–328. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2023.06.029>
- Zajac-Gawlak, I., Pośpiech, D., Kroemeke, A., Mossakowska, M., Gába, A., Pelclová, J., Přidalová, M., & Kłapcińska, B. (2016). Physical activity, body composition and general health status of physically active students of the University of the Third Age (U3A). *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 64, 66–74.

<https://doi.org/10.1016/j.archger.2016.01.008>

- Zaragoza-Martí, A., Ruiz-Robledillo, N., Sánchez-Sansegundo, M., Albaladejo-Blázquez, N., Hurtado-Sánchez, J. A., & Ferrer-Cascales, R. (2020). Eating habits in older adults: Compliance with the recommended daily intakes and its relationship with sociodemographic characteristics, clinical conditions, and lifestyles. *Nutrients*, *12*(2), 446. <https://doi.org/10.3390/nu12020446>
- Zbořilová, V., Přidalová, M., & Kaplanová, T. (2021). Body fat mass, percent body fat, fat-free mass, and skeletal muscle mass reference curves for Czech children aged 6–11 years. *Children*, *8*(5), 366. <https://doi.org/10.3390/children8050366>
- Zhang, M. zhe, Shi, J. xia, Li, H., Chen, R., Zheng, M. bing, Yan, L. jing, Wu, N. jian, & He, Q. qiang. (2023). The impact of educational lifestyle intervention on body weight and psychological health among overweight/obese patients with severe mental disorders. *Journal of Affective Disorders*, *343*, 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2023.09.028>
- Zhou, Y., Höglund, P., & Clyne, N. (2019). Comparison of DEXA and bioimpedance for body composition measurements in nondialysis patients with CKD. *Journal of Renal Nutrition*, *29*(1), 33–38. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2018.05.003>

# 11 PŘÍLOHY

## 11.1 Seznam zkratek

BCM	Body cell mass
BF %	Body fat percentage
BFM	Body fat mass
BFMI	Body fat mass index
BMI	Body mass index
ECW	Extracellular water
FFM	Fat free mass
FFMI	Fat free mass index
FS	Fitness score
ICW	Intracellular water
MF-BIA	multifrekeveční bioelektronická impedance
OTH	optimální tělesná hmotnost
PA	pohybová aktivita
SMM	Skeletal muscle mass
SMMI	Skeletal muscle mass index
Sta	tělesná výška
TBW	Total body water
TH	tělesná hmotnost
TS	tělesné složení
VFA	Visceral fat area
VŠ	vysoká škola

## 11.2 Seznam tabulek

**Tabulka 1**

*Popisné charakteristiky muži s ohledem na věk*

Muži podle věku (n = 845)	M1 (n = 704)				M2 (n = 141)			
	<i>Průměr</i>	<i>SD</i>	<i>MAX</i>	<i>MIN</i>	<i>Průměr</i>	<i>SD</i>	<i>MAX</i>	<i>MIN</i>
Parametry								
Věk	22,01	1,87	25,00	18	28,99	2,93	35	26,00
Sta (cm)	180,12	7,08	211,00	160,50	181,58	6,87	203,20	166,80
TH (kg)	77,46	10,14	122,40	56,00	83,00	9,93	122,30	64,10
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23,84	2,51	34,90	17,60	25,16	2,66	33,10	16,00
BF (%)	12,99	5,26	38,60	3,00	15,63	6,35	37,90	3,00
BCM (kg)	44,41	5,19	63,80	32,50	45,95	5,05	65,10	34,50
BFM (kg)	10,29	5,28	42,20	1,80	13,25	6,45	36,20	2,40
FFM (kg)	67,16	7,90	96,70	48,70	69,74	7,74	100,20	52,50
SMM (kg)	38,43	4,72	56,10	27,60	39,84	4,60	57,30	29,40
VFA	45,31	24,52	175,50	5,00	60,40	28,34	153,50	5,00
TBW	49,18	5,76	70,80	35,60	51,13	5,67	73,60	38,40
ECW	18,17	2,16	26,70	12,90	19,05	2,17	28,10	14,30
ICW	31,00	3,62	44,60	22,70	32,08	3,52	45,50	24,10
Proteiny	13,40	1,56	19,30	9,80	13,87	1,52	19,60	10,40
Minerály	4,57	0,62	10,50	3,22	4,74	0,57	7,00	3,63
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	13,66	1,13	18,87	10,51	13,91	0,98	16,34	11,13
SMMI (kg/m <sup>2</sup> )	11,82	1,03	16,52	8,92	12,05	0,90	14,33	9,49
BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	3,18	1,62	13,06	0,58	4,06	2,08	12,12	0,71
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	20,66	1,68	28,47	15,84	21,10	1,46	24,99	16,94
FS	84,56	7,04	110,00	56,00	84,95	7,29	103,00	58,00

Poznámka: Sta = tělesná výška (cm), TH = tělesná hmotnost (kg), BMI = Body mass index (kg/m<sup>2</sup>), BF = Body fat (%), BCM = Body cell mass (kg), BFM = Body fat mass (kg), FFM = Fat free mass (kg), SMM = Skeletal muscle mass (kg), VFA = Visceral fat area (cm<sup>2</sup>), TBW = Total body water (l), ECW = Extracellular water (l), ICW = Intracellular water (l), BCMI = Body cell mass index (kg/m<sup>2</sup>), SMMI = Skeletal muscle mass index (kg/m<sup>2</sup>), BFMI = Body fat mass index (kg/m<sup>2</sup>), FFMI (kg/m<sup>2</sup>), Fat free mass index (kg/m<sup>2</sup>), FS = Fitness score

**Tabulka 2***Popisné charakteristiky ženy s ohledem na věk*

Parametr	Ž1 (n = 789)				Ž2 (n = 113)			
	<i>Průměr</i>	<i>SD</i>	<i>MAX</i>	<i>MIN</i>	<i>Průměr</i>	<i>SD</i>	<i>MAX</i>	<i>MIN</i>
Věk	21,67	1,86	25,00	18	28,96	2,89	35	26,00
Sta (cm)	167,29	6,05	189,10	150,5	167,08	6,48	192,40	155,70
TH (kg)	61,74	9,06	99,40	41,2	60,95	10,86	99,10	44,20
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22,02	2,61	32,40	16,00	21,74	3,13	32,60	16,00
BF (%)	22,81	6,04	44,20	3,00	22,36	6,72	41,80	9,10
BCM (kg)	31,01	3,89	51,30	22,00	30,55	4,12	51,80	22,50
BFM (kg)	14,35	5,30	37,50	1,40	14,10	6,54	39,80	4,60
FFM (kg)	47,38	5,86	77,90	33,90	46,85	6,29	78,90	34,90
SMM (kg)	26,23	3,54	44,70	18,00	25,81	3,75	45,10	18,50
VFA	55,27	24,79	154,00	5,00	53,55	29,13	161,10	5,00
TBW (kg)	34,67	4,31	57,90	24,80	34,29	4,59	57,90	25,70
ECW (kg)	13,02	1,57	21,20	9,40	12,96	1,73	21,80	10,00
ICW (kg)	21,65	2,71	35,80	15,40	21,33	2,87	36,10	15,70
Proteiny (kg)	9,35	1,17	15,50	6,60	9,22	1,24	15,60	6,80
Minerály (kg)	3,34	0,42	5,44	2,40	3,33	0,47	5,44	2,42
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	11,05	1,00	15,90	8,24	10,91	0,94	13,99	9,28
SMMI (kg/m <sup>2</sup> )	9,34	0,92	13,75	6,77	9,21	0,88	12,18	7,63
BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	5,13	1,89	13,90	0,52	5,02	2,24	13,43	1,66
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	16,892	1,4655	23,389	12,86	16,724	1,41	21,31	14,37
FS	77,86	5,69	103,00	58,00	76,79	5,170	98,00	63,00

Poznámka: Sta = tělesná výška (cm), TH = tělesná hmotnost (kg), BMI = Body mass index (kg/m<sup>2</sup>), BF = Body fat (%), BCM = Body cell mass (kg), BFM = Body fat mass (kg), FFM = Fat free mass (kg), SMM = Skeletal muscle mass (kg), VFA = Visceral fat area (cm<sup>2</sup>), TBW = Total body water (l), ECW = Extracellular water (l), ICW = Intracellular water (l), BCMI = Body cell mass index (kg/m<sup>2</sup>), SMMI = Skeletal muscle mass index (kg/m<sup>2</sup>), BFMI = Body fat mass index (kg/m<sup>2</sup>), FFMI (kg/m<sup>2</sup>), Fat free mass index (kg/m<sup>2</sup>), FS = Fitness score



**Tabulka 3***Četnost BMI*

Kategorizace BMI	Kategorie			
	<i>P.</i>	<i>NH.</i>	<i>N.</i>	<i>O.</i>
Ženy (n = 902)	58	720	117	7
V kategorii	98,31 %	56,16 %	31,28 %	21,88 %
Pohlaví	6,43 %	79,82 %	12,97 %	0,78 %
Ženy celkově (n)	3,32 %	41,21 %	6,70 %	0,40 %
Muži (n = 845)	1	562	257	25
V kategorii	1,69 %	43,84 %	68,72 %	78,13 %
Pohlaví	0,12 %	66,51 %	30,41 %	2,96 %
Muži celkově (n)	0,06 %	32,17 %	14,71 %	1,43 %
Celkově (n = 1747)	3,38 %	73,38 %	21,41 %	1,83 %

Poznámka: n = počet probandů, BMI = Body mass index (kg/m<sup>2</sup>), P = Podváha, NH = normální hmotnost, N = nadváha, O = obezita.

**Tabulka 4***Četnost BFMI*

Kategorizace podle BFMI	Kategorie		
	<i>0.</i>	<i>1.</i>	<i>2.</i>
Ženy (n = 902)	244	594	64
V kategorii	67,97 %	48,61 %	38,55 %
Pohlaví	27,05 %	65,85 %	7,10 %
Ženy celkově (n)	13,97 %	34,00 %	3,66 %
Muži (n = 845)	115	628	102
V kategorii	32,03 %	51,39 %	61,45 %
Pohlaví	13,61 %	74,32 %	12,07 %
Muži celkově (n)	6,58 %	35,95 %	5,84 %
Celkově (n = 1747)	20,55 %	69,95 %	9,50 %

Poznámka: n = počet probandů, BFMI = Body fat mass index (kg/m<sup>2</sup>)

**Tabulka 5***Četnost FFMI*

Kategorizace FFMI	Kategorie				
	1.	2.	3.	4.	5.
Ženy (n = 902)	78	431	214	104	75
V kategorii	63,41 %	63,95 %	36,96 %	44,64 %	54,35 %
Pohlaví	8,65 %	47,78 %	23,73 %	11,53 %	8,31 %
Ženy celkově	4,46 %	24,67 %	12,25 %	5,95 %	4,29 %
Muži (n = 845)	45	243	365	129	63
V kategorii	36,59 %	36,05 %	63,04 %	55,36 %	45,65 %
Pohlaví	5,33 %	28,76 %	43,20 %	15,27 %	7,46 %
Muži celkově	2,58 %	13,91 %	20,89 %	7,38 %	3,61 %
Celkově (n = 1747)	7,04 %	38,58 %	33,14 %	13,34 %	7,90 %

Poznámka: n = počet probandů, FFMI = Fat free mass index (kg/m<sup>2</sup>)

**Tabulka 6***Četnost SMMI*

Kategorizace podle SMMI	Kategorie		
	1.	2.	3.
Ženy (n = 902)	1	55	846
V kategorii	33,33 %	68,75 %	50,84 %
Pohlaví	0,11 %	6,10 %	93,79 %
Ženy celkově	0,06 %	3,15 %	48,43 %
Muži (n = 845)	2	25	818
V kategorii	66,67 %	31,25 %	49,16 %
Pohlaví	0,24 %	2,96 %	96,80 %
Muži celkově	0,11 %	1,43 %	46,82 %
Celkově (n = 1747)	0,17 %	4,58 %	95,25 %

Poznámka: n = počet probandů, SMMI = Skeletal muscle mass index (kg/m<sup>2</sup>)

**Tabulka 7***Testování rozdílů mezi pohlavími*

Parametr	Muži		Ženy	
	M	SD	M	SD
Sta*	180,36	7,06	167,26	6,11
TH*	78,38	10,31	61,64	9,06
TBW*	49,50	5,79	34,63	4,31
ICW*	31,18	3,63	21,61	2,73
ECW*	18,32	2,18	13,01	1,59
Proteiny*	13,48	1,56	9,34	1,18
Minerály*	4,60	0,61	3,34	0,43
BFM	10,78	5,60	14,32	5,47
FFM*	67,59	7,92	47,32	5,91
SMM*	38,67	4,73	26,18	3,57
BCM*	44,66	5,19	30,95	3,92
BFMI	3,32	1,73	5,12	1,93
FFMI*	20,73	1,65	16,87	1,45
SMMI*	11,86	1,01	9,33	0,91
BCMI*	13,70	1,11	11,03	0,99
BFM (%) *	13,43	5,54	22,76	6,13
VFA	47,83	25,80	55,05	25,36
FS*	84,63	7,084	77,73	5,64

Poznámka: M = aritmetický průměr, SD = směrodatná odchylka,  $\alpha$  = hladina významnosti ( $\alpha = 0,05$ ), \* = ( $p < 0,05$ ), Sta = tělesná výška (cm), TH = tělesná hmotnost (kg), BMI = Body mass index (kg/m<sup>2</sup>), BF = Body fat (%), BCM = Body cell mass (kg), BFM = Body fat mass (kg), FFM = Fat free mass (kg), SMM = Skeletal muscle mass (kg), VFA = visceral fat area (cm<sup>2</sup>), TBW = Total body water (l), ECW = Extracellular water (l), ICW = Intracellular water (l), BCMI = Body cell mass index (kg/m<sup>2</sup>), SMMI = Skeletal muscle mass index (kg/m<sup>2</sup>), BFMI = Body fat mass index (kg/m<sup>2</sup>), FFMI (kg/m<sup>2</sup>), Fat free mass index (kg/m<sup>2</sup>), FS = Fitness score

**Tabulka 8***Popisné charakteristiky vybraných tělesných parametrů mezi BMI kategoriemi u mužů*

Parametr	II. (n = 562)		III. (n= 257)		IV. (n = 25)	
	M	SD	M	SD	M	SD
Věk	22,76	3,05	23,95	3,63	24,56	4,41
Sta (cm)	180,56	6,95	179,95	7,32	180,19	6,99
TH (kg)	73,98	7,65	85,71	7,76	102,89	8,06
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22,66	1,48	26,44	1,15	31,68	1,34
FFM (kg)	65,5	7,71	71,67	7,62	73,28	8,28
SMM (kg)	37,41	4,27	41,13	4,54	41,94	4,89
BFM (kg)	8,47	3,07	14,04	4,5	29,61	7,65
BF (%)	11,42	3,87	16,36	4,9	28,7	6,66

Poznámka: n = počet probandů, M = průměr, SD = směrodatná odchylka, Sta = tělesná výška (cm), TH = tělesná hmotnost (kg), BMI = Body mass index (kg/m<sup>2</sup>), FFM = Fat free mass (kg), SMM = Skeletal muscle mass (kg), BFM = Body fat mass (kg), BF (%) = Body fat percentage (%), II. = BMI kategorie normální hmotnost, III. = BMI kategorie nadváhy, IV. = BMI kategorie obezity I. stupně

**Tabulka 9***Popisné charakteristiky vybraných tělesných parametrů mezi BMI kategoriemi u žen*

Parametr	I. (n= 58)		II. (n= 720)		III. (n= 117)		IV. (n=7)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Věk	22,67	2,87	22,57	3,13	22,53	3,24	24,86	4,48
Sta (cm)	166,5	6,21	167,31	5,89	167,39	7,26	168,13	7,28
TH (kg)	49,43	4,43	60,4	6,57	74,41	7,68	89,36	8,02
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	17,7	0,64	21,51	1,68	26,5	1,28	31,56	0,98
FFM (kg)	41,2	4,18	47,09	5,3	51,76	6,78	54,03	5,48
SMM (kg)	22,45	2,56	26,05	3,21	28,85	4,05	30,1	3,21
BFM (kg)	7,98	2,19	13,27	3,65	22,65	4,79	35,33	3,81
BF (%)	16,18	4,01	21,88	4,94	30,44	5,44	39,54	2,65

Poznámka: n = počet probandů, M = průměr, SD = směrodatná odchylka, Sta = tělesná výška (cm), TH = tělesná hmotnost (kg), BMI = Body mass index (kg/m<sup>2</sup>), FFM = Fat free mass (kg), SMM = Skeletal muscle mass (kg), BFM = Body fat mass (kg), BF (%) = Body fat percentage (%), I. = BMI kategorie podváhy, II. = BMI kategorie normální hmotnost, III. = BMI kategorie nadváhy, IV. = BMI kategorie obezity I. stupně