

UNIVERZITA KARLOVA  
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Komparativní studie tělesného složení studentů Vojenského  
oboru na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy  
v letech 2015 a 2024**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Vladan Oláh

Vypracoval:

Lukáš Novotný

Praha, květen 2024

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

Praha, 31. května 2024

### Evidenční list

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

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

---

## **Poděkování**

Rád bych zde poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Mgr. Vladanu Oláhovi za jeho pomoc, cenné rady a připomínky.

# Abstrakt

## Název:

Komparativní studie tělesného složení studentů Vojenského oboru na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v letech 2015 a 2024.

## Cíl práce:

Cílem práce je provést komparativní analýzu tělesného profilu (tělesného složení) studentů Vojenského oboru při UK FTVS v Praze z roku 2024 a porovnat jej s tělesným profilem studentů z roku 2015.

## Metoda:

Tato práce měla teoreticko-empirický charakter. Výzkumný soubor tvořilo 22 studentů ( $22,0 \pm 2,0$  let,  $182,2 \pm 7,4$  cm  $79,0 \pm 9,8$  kg) Vojenského oboru při Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy, kteří byli měřeni v letním semestru 2023/2024. Pro analýzu byl použit přístroj Tanita MC-980. Získaná data byla sloučena s naměřenými hodnotami z roku 2015 a poté deskriptivně a statisticky analyzována v programu JASP (0.18.3.). Provedli jsme Shapiro-wilk test na zjištění normality dat a dále analýzu rozptylu měření pomocí nezávislého t-testu při hladině statistické významnosti na  $\alpha=0,05$ .

## Výsledky:

Bylo zjištěno, že neexistuje žádný statisticky významný rozdíl mezi průměrnými hodnotami BMI ( $p = 0,994$ ), tukovou ( $p = 0,102$ ) a svalovou ( $p = 0,886$ ) hmotou změřených u studentů Vojenského oboru při UK FTVS v Praze v roce 2024 od průměrných hodnot BMI naměřených v roce 2015.

## Klíčová slova:

BMI, BIA, bioelektrická impedance, tělesná voda, tělesný tuk, svalová hmota, armáda, Tanita

# Abstract

## Title:

Comparative Study of Body Composition of Military Program Students at the Faculty of Physical Education and Sport, Charles University, in 2015 and 2024.

## Objective:

The aim of the study is to perform a comparative analysis of the body profile (body composition) of the students of the Military Department of the UK FTVS in Prague from the year 2024 and to compare it with the body profile of the students from the year 2015.

## Method:

This work was theoretical and empirical in nature. The research population consisted of 22 students ( $22.0 \pm 2.0$  years,  $182.2 \pm 7.4$  cm  $79.0 \pm 9.8$  kg) of the Military Department at the Faculty of Physical Education and Sport of Charles University, who were measured in the summer semester 2023/2024. The obtained data were merged with the measured values from 2015 and then descriptively and statistically analyzed in the JASP program (0.18.3.). Shapiro-wilk test was performed to determine the normality of the data and analysis of variance of the measurements was also performed using independent t test at the level of statistical significance at  $\alpha=0.05$ .

## Results:

It was found that there was no statistically significant difference between the mean values of BMI ( $p = 0.994$ ), fat ( $p = 0.102$ ) and muscle ( $p = 0.886$ ) mass measured in military students at UK FTVS in Prague in 2024 from the mean values of BMI measured in 2015.

## Keywords

BMI, BIA, bioelectrical impedance, body water, body fat, muscle mass, military, Tanita

# OBSAH

<b>1. Úvod .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Teoretická část .....</b>	<b>8</b>
2.1 Tělesné složení .....	9
2.1.1 Tělesná hmotnost .....	9
2.1.2 Tuk.....	10
2.1.3 Voda.....	10
2.1.4 Netučná hmota .....	11
2.1.5 Index tělesné hmotnosti .....	11
2.1.6 Bazální metabolismus .....	14
2.2 Modely tělesného složení .....	15
2.2.1 Atomární úroveň.....	16
2.2.2 Molekulární úroveň.....	16
2.2.3 Buněčná úroveň .....	17
2.2.4 Tkáňově-orgánová úroveň .....	17
2.2.5 Celotělová úroveň.....	18
2.2.6 Vztahy mezi úrovněmi.....	19
2.3 Měření tělesného složení .....	20
2.3.1 Metody měření tělesného složení.....	21
2.3.2 Bioelektrické impedance.....	24
2.4 Tělesné složení a fyzická výkonnost vojenského personálu .....	26
2.4.1 Fyzická výkonnost .....	26
2.4.2 Zdravotní rizika .....	26
2.4.3 Připravenost na vojenské operace .....	26
2.4.4 Důvody pro výběr komponent tělesného složení .....	27
2.4.5 Význam pro Armádu České republiky a členství v NATO.....	27
<b>3. Cíl, úkoly a hypotézy práce .....</b>	<b>30</b>
3.1 Cíl práce .....	30
3.2 Úkoly práce .....	30
3.3 Výzkumná otázka .....	30
3.4 Hypotézy .....	31
<b>4. Metodika práce .....</b>	<b>32</b>
4.1 Průběh měření.....	32
4.2 Výzkumný soubor .....	32
4.3 Sběr dat.....	33
4.4 Analýza dat.....	34
<b>5. Výsledky .....</b>	<b>36</b>
5.1 Statistika .....	36
5.2 BMI .....	38
5.3 Tučná hmota .....	39
5.4 Svalová hmota .....	40
<b>6. Diskuze .....</b>	<b>41</b>
<b>7. Závěr .....</b>	<b>42</b>
<b>8. Seznam literatury .....</b>	<b>43</b>
<b>9. Seznam tabulek a obrázků .....</b>	<b>50</b>
<b>Přílohy .....</b>	<b>51</b>

## Seznam použitých symbolů a zkratek

AT = tuková tkáň

BMI = Index tělesné hmotnosti

BCM = hmotnost tělesných buněk

BM = tělesná hmotnost

CHO = sacharidy

CT = počítačová tomografie

ECF = extracelulární tekutina

ECS = extracelulární sušina

FFM = beztuková hmota

FM = tuková hmota

M = minerál

Mo = kostní minerál

MRI = magnetická rezonance

Ms = minerál měkkých tkání

SM = kosterní sval

TBPro = celkový tělesný protein

TBW = celková tělesná voda

SAT = podkožní tuková tkáň

VFA = viscelární tuk

EA = energetická dostupnost

RMR = hodnota bazálního metabolismu

NATO = Severoatlantická aliance



# 1. Úvod

Tělesné složení vojenského personálu je jedním z klíčových aspektů, které ovlivňují fyzickou připravenost, zdravotní stav a celkovou výkonnost vojáků. Vojáci musí být schopni splňovat vysoké fyzické požadavky, a proto je důležité rozumět tělesnému složení jako indikátoru nejen fyzické zdatnosti, ale také potenciálních zdravotních rizik. Složení těla zahrnující podíl tělesného tuku, svalové hmoty a kostní hmoty, je zásadním ukazatelem fyzické výkonnosti a zdravotního stavu. Vyšší podíl svalové hmoty je spojován s lepší fyzickou výkonností a nižším rizikem muskuloskeletálních zranění, zatímco vyšší podíl tělesného tuku je často spojován s vyšším rizikem kardiovaskulárních onemocnění a metabolických poruch. Z tohoto důvodu je tělesné složení důležitým faktorem při hodnocení a zlepšování fyzické připravenosti vojenského personálu.

Cílem této bakalářské práce je provést komparativní analýzu tělesného složení studentů Vojenského oboru na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze v roce 2024 a porovnat ji s tělesným složením studentů z roku 2015.

Téma práce bylo zvoleno z několika důvodů. Prvním důvodem je osobní zájem a profesní angažovanost autora v oblasti vojenské fyzické připravenosti. Chceme lépe porozumět faktorům, které ovlivňují fyzickou výkonnost vojáků. Vytvoření ryze profesionální armády v roce 2005 a také naše členství v NATO od roku 1999 je dalším důvodem pro rostoucí nároky na fyzickou připravenost. V rámci armád NATO je kladen důraz na standardizaci fyzických a zdravotních požadavků mezi členskými státy pro optimalizaci tělesného složení vojenského personálu, které přispívá k interoperabilitě a schopnosti spolupracovat s jednotkami z jiných členských států během společných operací a cvičení. Kvůli rostoucímu trendu obezity a zvyšujícímu se procentu tělesného tuku v naší populaci, který negativně ovlivňuje fyzickou kondici jak běžných lidí, tak profesionálních vojáků, jsme se rozhodli prozkoumat tělesné složení studentů Vojenského oboru. Na základě toho můžeme porovnat aktuální data s historickými a zjistit, zda se tento trend vyskytuje i u takto specifické skupiny, jako jsou budoucí specialisté tělesné přípravy v Armádě České republiky.

## **2. Teoretická část**

Tato část práce se bude zabývat popisem tělesného složení, jeho skladbou, způsoby jeho reprezentace na různých úrovních a taktéž možnými metodami jeho zjišťování.

## 2.1 Tělesné složení

Lidské tělo představuje systém s unikátním složením, jež se dynamicky mění po celý život a je ovlivněno genetickými i vnějšími faktory (Stevens, 2006). Složení těla hraje klíčovou roli v udržení zdraví a je také významným faktorem ovlivňujícím chorobnost a úmrtnost (Bermudez, 2001).

Složení organismu odráží čistou celoživotní akumulaci živin a dalších substrátů získaných z prostředí a zadržovaných v těle. Tyto složky dodávají organismu život. Složky od prvků až po tkáně a orgány jsou stavebními kameny, které dávají všem živým organismům hmotnost, tvar a funkci. Techniky analýzy tělesného složení umožňují vědcům studovat, jak tyto stavební kameny fungují a mění se s věkem a metabolickým stavem (Heymsfield, 2005).

Mezi základní komponenty tělesného složení (celkové tělesné hmotnosti) na nejvyšší úrovni patří dle Wanga mimo jiné zejména:

- tělesná voda;
- tělesný tuk;
- netučná tělesná hmota.

### 2.1.1 Tělesná hmotnost

Posouzení rozdělení tělesné hmotnosti může probíhat z hlediska podílu jednotlivých tkání na celkové hmotnosti těla i z hlediska rozdělení hmotnosti na jednotlivé segmenty těla, které tvoří články kinematického řetězce. Toto rozdělení hmotnosti je zvláště důležité při hodnocení pohybu těla v prostoru, kdy je ovlivněno vnějšími a vnitřními silami (Riegerová, 2006).

Optimální tělesná hmotnost z hlediska výkonu a zdraví je individuální, a dále je ovlivněna mnoha faktory, jako jsou věk, pohlaví, úroveň fyzické aktivity, somatotyp, genetické predispozice a individuální variabilita (Havlíčková, 2008). V praxi se otázka tělesného složení často zaměřuje na množství tělesného tuku a optimální poměr mezi tukuprostou tělesnou hmotou a tělesným tukem (Vilikus, 2020). Důležitá je také svalová hmota, protože osoba s vyšší tělesnou hmotností nemusí mít nutně vysoké množství tělesného tuku a osoba s nižší tělesnou hmotností nemusí být nutně štíhlá (Havlíčková, 2008).

### 2.1.2 Tuk

Tuk je nejvíce proměnlivou komponentou tělesného složení. Jeho množství je snadno ovlivnitelné stravou a aktivitou, ale zároveň je významným faktorem při vzniku a průběhu mnoha onemocnění (Riegerová, 2006).

Nadměrný příjem energie z potravy, včetně tuků, sacharidů a bílkovin, vede k tvorbě tělesného tuku, pokud přesáhne energetický výdej organismu. Tuk však není pouze škodlivý, nýbrž plní i ochrannou a zásobní funkci. Množství tělesného tuku je často sledovaným ukazatelem tělesné kondice a zdravotního stavu jedince. Jeho regulaci lze ovlivnit prostřednictvím výživy a fyzické aktivity, čímž se stává velmi proměnlivou součástí tělesné hmotnosti (Kutáč, 2009).

Tuk v lidském těle má klíčovou úlohu pro různé funkce, jako je regulace tělesné teploty, ukládání vitamínů, ochrana orgánů a kloubů, a slouží jako zásobárna energie. Jeho role je zásadní pro zdravý vývoj a funguje také jako transportní systém pro vitamíny A, D, E a K. Přesto je důležité dbát na vyvážené množství tuku, protože jeho nadbytek může přinést negativní účinky, jako jsou kardiovaskulární problémy a riziko cukrovky (Zvonař, 2011).

### 2.1.3 Voda

Voda je základním a nejčastěji se vyskytujícím anorganickým prvkem v lidském těle. Tvoří esenciální prostředí uvnitř organismu a plní mnoho důležitých funkcí. Je klíčovou složkou každé buňky, slouží jako stavební materiál pro buněčné struktury a poskytuje ochranu některým orgánům, například nervovému systému. Umožňuje transport živin, hormonů a enzymů, reguluje tělesnou teplotu a je nezbytnou součástí kloubní tekutiny (Stránský, 2010).

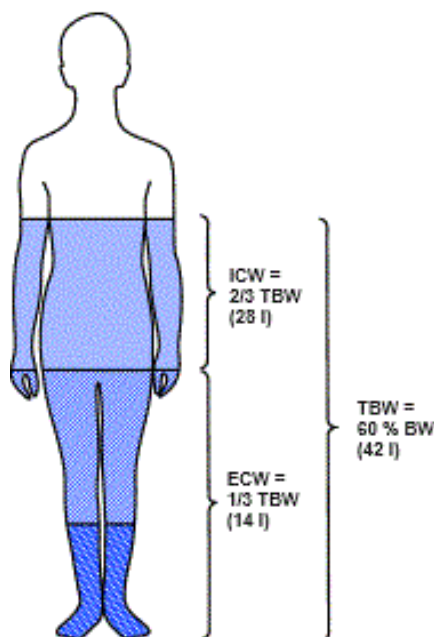
Tělesná hmotnost je tvořena z přibližně 55-65 % vodou, což se poněkud liší podle věku, pohlaví a množství tělesného tuku, a představuje tak největší jednotlivou složku těla. Celková tělesná voda (TBW<sup>1</sup>) je rozdělena mezi intracelulární (ICW<sup>2</sup>) a extracelulární (ECW<sup>3</sup>) tekutinu, jak je patrné z Obrázku 1 (Verbalis, 2003).

---

<sup>1</sup> TBW – Total Body Water

<sup>2</sup> ICW – Intracellular Water

<sup>3</sup> ECW – Extracellular Water



Obrázek 1 - Rozdělení vody v lidském těle (Verbalis, 2003)

### 2.1.4 Netučná hmota

Netučná hmota (FFM<sup>4</sup>) často také v českém překladu označovaná jako tukuprostá hmota je komplexní složkou lidského těla obsahující několik odlišných morfologických, chemických a biologicky aktivních součástí. Patří sem svalová hmota, kosterní struktury a další tkáně, jako jsou vnitřní orgány a tělní tekutiny (Riegerová, 2006).

Z celkového množství tukuprosté hmoty tvoří svalstvo 60 %, opěrné a pojivové tkáně 25 % a vnitřní orgány 15 %. Většina tukuprosté hmoty je složena z vody, přičemž její obsah se obvykle pohybuje mezi 72-74 %. Průměrná hydratace tukuprosté hmoty u dospělého jedince dosahuje hodnoty 73,2 % (Riegerová, 2006).

Svalová hmota obvykle představuje mezi 36 % až 45 % tělesné hmotnosti u mužů, zatímco u žen se pohybuje kolem 32 %. V lidském těle najdeme více než 600 jednotlivých svalů (Naňka, 2019).

### 2.1.5 Index tělesné hmotnosti

Index tělesné hmotnosti (BMI<sup>5</sup>), který se vypočítá jako podíl hmotnosti člověka v kilogramech (jeho tělesné hmotnosti) kvadrátem tělesné výšky v metrech a vyjadřuje

<sup>4</sup> FFM- Fat Free Mass

<sup>5</sup> BMI – Body Mass Index

se v jednotkách  $\text{kg/m}^2$ , je stále běžně používán v lékařské praxi, zejména v oblasti veřejného zdravotnictví a rodinného zdraví, a to díky své volné a snadné aplikaci (Heymsfield, 2005).

Tento index poprvé definovali Keys a kol. v roce 1972 a od té doby neztratil na popularitě. BMI udává jednoduchý číselný výsledek o štíhlosti nebo tloušťce člověka, čímž umožňuje zdravotnickým pracovníkům lépe objektivně diskutovat se svými pacienty o problémech s hmotností a sledovat je. Z tohoto důvodu se se zdá, že zůstane v lékařské praxi aktuální po mnoho let (Çakmur, 2023).

Vysoká hodnota BMI může poukazovat např. na obezitu, která dále může znamenat zdravotní komplikace (Bermudez, 2001).

BMI se považuje za užitečný pro screening na úrovni populace, se zvláštním zřetelem na vojenský personál. Svědčí o tom pozitivní vztah mezi BMI a relativní BF<sup>6</sup> a neproporcionální nárůst BF oproti svalové hmotě se zvyšujícími se hodnotami BMI (Grier, 2015). Alternativně se tvrdí, že BMI je vzhledem k neschopnosti rozlišit mezi svalovou a tukovou hmotou zaujatý vůči vysoce svalnatým jedincům nebo atletické populaci (Ode, 2007). Ačkoli nezpochybňujeme, že BMI může nesprávně klasifikovat jedince (Grier, 2015), zejména nadhodnocovat tělesný tuk u osob s vysokou svalovou hmotou (Ode, 2007) nebo podhodnocovat výskyt obezity u některých lidí (Heinrich, 2008), netýká se to většiny účastníků a BMI tak může sloužit jako cenný nástroj na odhad optimální váhy jedince (Heinrich, 2008). Lepším argumentem proti používání BMI by mohlo být, že určité prahové hodnoty BMI mohou vyloučit jedince, kteří by jinak mohli vynikat určitými fyzickými vlastnostmi nebo by nemusela být ovlivněna jejich funkční výkonnost při plnění specifických vojenských úkolů (Pierce, 2017).

Z výše uvedených důvodů je pro přesné zjištění skutečného stavu tělesného složení nevhodné vycházet z velmi obecného zjišťování BMI, ale posunout se detailněji do složení těla (Ode, 2007).

---

<sup>6</sup> BF – Body Fat – tělesný tuk

Světová zdravotnická organizace (WHO<sup>7</sup>) předešla BMI a kategorie pro definici obezity, nadváhy, normální hmotnosti a podváhy, jak je uvedeno v tabulce níže.

<b>Tělesná kategorie</b>	<b>BMI</b>
Obézní třída III (morbidní obezita)	$\geq 40,0$
Obézní třída II	35.0-39.9
Obézní třída I	30.0-34.9
Nadváha	25.0-29.9
Normální rozmezí	18.5-24.9
Podváha (mírná hubenost)	17.0-18.4
Podváha (středně těžká hubenost)	16.0-16.9
Podváha (těžká hubenost)	<16.0

Tabulka 1 - Kategorie tělesného složení dle hodnot BMI (WHO, 2016)

---

<sup>7</sup> WHO – World Health Organization

## 2.1.6 Bazální metabolismus

Hodnota bazálního metabolismu (RMR<sup>8</sup>) je minimální množství energie, které tělo potřebuje k vykonávání svých základních funkcí, a je zásadně závislá na tukuprosté hmotnosti (Speakman, 2003). V aplikačním prostředí lze RMR použít jako ukazatel energetické dostupnosti (EA<sup>9</sup>); ta je definována jako energie zbývající pro metabolické procesy po odečtení energetických nákladů na cvičení od příjmu stravy (Ihle, 2004). Předchozí výzkumy naznačují, že změny RMR, tělesného složení a energetického příjmu mohou být také věrohodnými ukazateli tréninkové zátěže (Woods, 2017a). Dostatek energie má zásadní význam pro soustavnost tréninku, zejména v období intenzifikace, protože dlouhodobé omezování energie může vést ke zhoršení fyziologických funkcí a zvýšení rizika únavy, onemocnění a zranění, jakož i k maladaptaci na předepsaný trénink (Mountjoy, 2014). U elitních veslařů, kteří absolvovali čtyřtýdenní zintenzivněný trénink na úrovni moře, bylo pozorováno významné snížení RMR, tělesné hmotnosti a tukové hmoty (Woods, 2017a), nicméně zvýšení a snížení RMR bylo pozorováno i během výškových tréninkových kempů u elitních a vysoce trénovaných sportovců, a to v závislosti na objemu tréninku a stravovacích postupech (Woods, 2017b; Woods, 2017c).

Energetická homeostáza je regulována centrálně a RMR je úzce spojen s chutí k jídlu a příjmem energie (Keeseey, 2008; Blundell, 2015). Pokud je tedy příjem energie nedostatečný pro podporu intenzivnější tréninkové zátěže, sportovci s větší pravděpodobností trpí suboptimální EA a nižší RMR. Za takových podmínek bylo prokázáno snížení výkonnosti v časovce u elitní veslařské kohorty, kde mohlo dojít ke stavu značné únavy a možnému přetěžování (Woods, 2017a).

---

<sup>8</sup> RMR – Resting Metabolic Rate – hodnota bazálního metabolismus

<sup>9</sup> EA – Energy Availability

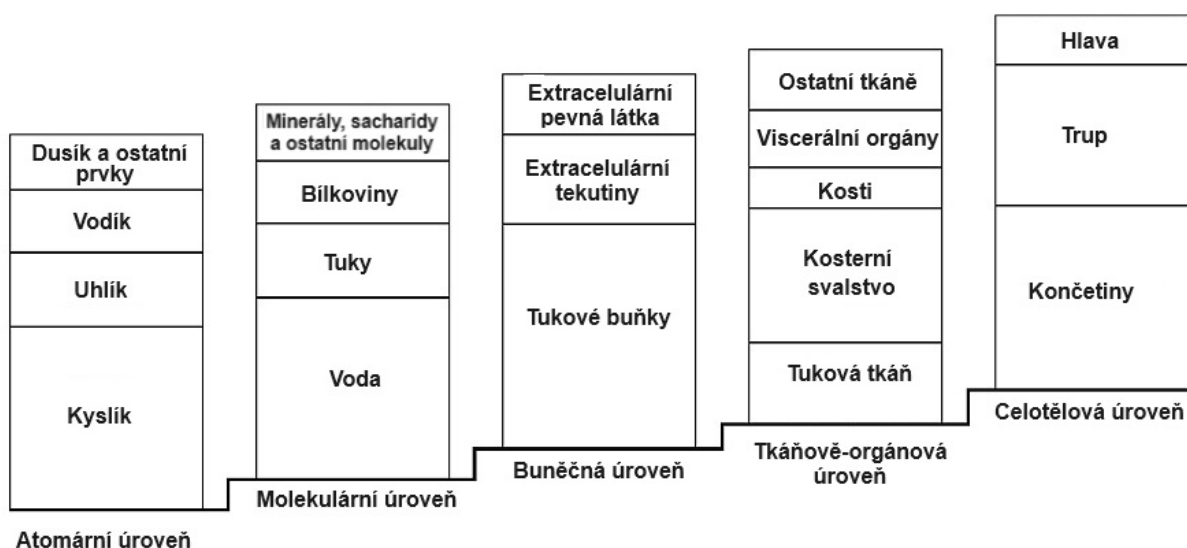


## 2.2 Modely tělesného složení

K dnešní podobě výzkumu složení těla přispělo mnoho současných vědců, přestože zájem o toto téma sahá několik tisíc let do minulosti. První koncepty tělesného složení lze vysledovat již u Řeků kolem roku 400 př. n. l. (Schultz, 2002). Události jako déšť nebo nemoc byly považovány za přirozené příčiny. V souladu s tím Řekové věřili, že lidé jsou tvořeni stejnými základními prvky, které tvoří vesmír: ohněm, vodou, vzduchem a zemí. Vlastnosti těchto prvků mohly být horké, studené, suché nebo vlhké. Přijatá potrava se skládala z těchto prvků a trávení je podle představ přeměňovalo na čtyři tělesné šťávy – krev, hlen, žlutou a černou žluč (Heymsfield, 2005).

I když se v praxi stále objevuje možné dělení tělesného složení na dvou-, tří- a čtyřkomponentový model (Riegerová, 2006), ústředním modelem ve výzkumu tělesného složení je dodnes platný pětiúrovňový model, v němž se tělesná hmotnost považuje za součet všech složek na každé z pěti úrovní – atomární, molekulární, buněčné, tkáňově-orgánové a celotělové (Wang, 1992). Pětiúrovňovému modelu jsou vlastní určitá pravidla a v konečném důsledku se jimi řídí všechny modely tělesného složení (Heymsfield, 2005).

Na tělesnou hmotnost lze nahlížet jako na pět různých a oddělených, ale integrovaných úrovní, počínaje atomární úrovní a pokračujíc úrovní molekulární, buněčnou, tkáňově-orgánovou a celotělovou (obrázek 1) (Wang, 1992). Součet všech složek na každé z pěti úrovní odpovídá tělesné hmotnosti (Wang, 1992).



Obrázek 2 - Pětiúrovňový model tělesného složení (Wang, 1992)

## 2.2.1 Atomární úroveň

Na atomární úrovni zahrnuje tělesná hmota 11 hlavních prvků (Tabulka 2). Více než 96 % tělesné hmotnosti tvoří čtyři prvky: kyslík, uhlík, vodík a dusík. Dalšími důležitými prvky jsou vápník, draslík, fosfor, síra, sodík, chlor a hořčík. Většinu těchto prvků lze měřit *in vivo*<sup>10</sup> pomocí neutronové aktivační analýzy (Cohn, 1971) a celotělového počítání (Cohn, 1969). Prvky jsou důležité pro výzkumníky v oborech, jako je radiobiologie a nukleární medicína. Hlavní prvky mohou být také spojeny se složkami vyšší úrovně. Například celkový tělesný uhlík, dusík a draslík lze s vhodnými modely použít k odvození celkového tělesného tuku, bílkovin (Sutcliffe, 1993), respektive tělesné buněčné hmotnosti (Moore, 1963).

Úroveň	Model tělesného složení	Počet komponent
Atomární	$BM = H + O + N + C + Na + K + Cl + P + Ca + Mg + S$	11
Molekulární	$BM = FM + TBW + TBPro + Mo + Ms + CHO$	6
	$BM = FM + TBW + TBPro + M$	4
	$BM = FM + TBW + \text{nonfat solids}$	4
	$BM = FM + Mo + \text{residual}$	4
	$BM = FM + FFM$	2
Buněčná	$BM = \text{cells} + ECF + ECS$	3
	$BM = FM + BCM + ECF + ECS$	4
Tkáňově-orgánová	$BW = AT + SM + \text{kosti} + \text{vnitřní orgány} + \text{ostatní tkáň}$	5
Celotělová	$BW = \text{hlava} + \text{trup} + \text{končetiny}$	3

Tabulka 2 - Vícesložkové modely na pěti úrovních tělesného složení (Heymsfield, 2005)

Popis: AT = tuková tkáň; BCM = hmotnost tělesných buněk; BM = tělesná hmota; BW = tělesná hmotnost; CHO = sacharidy; ECF = extracelulární tekutina; ECS = extracelulární sušina; FM = tuková hmota; M = minerál; Mo = kostní minerál; Ms = minerál měkkých tkání; SM = kosterní sval; TBPro = celkový tělesný protein

## 2.2.2 Molekulární úroveň

Molekulární úroveň se skládá ze šesti hlavních složek: vody, lipidů, bílkovin, sacharidů, kostních minerálů a minerálů měkkých tkání. Lze vytvořit různé modely molekulární úrovně, které se pohybují od dvou do šesti složek (Wang, 1992).

Dvousložkový model, který zahrnuje FM a FFM, je v současnosti jedním z nejpoužívanějších modelů ve výzkumu tělesného složení. FFM se obvykle považuje za aktivně metabolizující složku na molekulární úrovni tělesného složení (Heymsfield, 2005).

<sup>10</sup> *In vivo* (latina) pro „uvnitř živých“. Vztahuje se k práci, která je vykonávána v celém živém organismu.

Modely zahrnující tři a více složek se označují jako vícesložkové modely. Tyto modely dále rozdělují FFM na další složky, které jsou kvantifikovatelné in vivo. Široce používaný čtyř-složkový model rozděluje FFM na složky vody, bílkovin a minerálů. K dispozici jsou modely, které zahrnují až šest složek na molekulární úrovni (Heymsfield, 2005).

Termíny lipid a tuk se mohou používat zaměnitelně, ale jejich význam se v oblasti výzkumu tělesného složení liší (Gurr, 2002). Lipidy zahrnují všechny biologické látky extrahované lipidovými rozpouštědly, jako jsou éter a chloroform. Tyto extrahované lipidy zahrnují triglyceridy, fosfolipidy a strukturní lipidy, které se in vivo vyskytují v relativně malém množství (Gurr, 2002). Naproti tomu tuky se ve výzkumu tělesného složení vztahují na specifickou skupinu lipidů sestávající z triglyceridů (Wang, 1992). Na základě referenčního člověka (Snyder, 1975) tvoří přibližně 90 % celkových tělesných lipidů u zdravých dospělých triglyceridy, ačkoli se tento podíl liší v závislosti na příjmu potravy a zdravotním stavu (Comizio, 1998). Zbytek, přibližně 10 % celkových tělesných lipidů (tj. netukové lipidy), tvoří především glycerofosfatidy a sfingolipidy.

### **2.2.3 Buněčná úroveň**

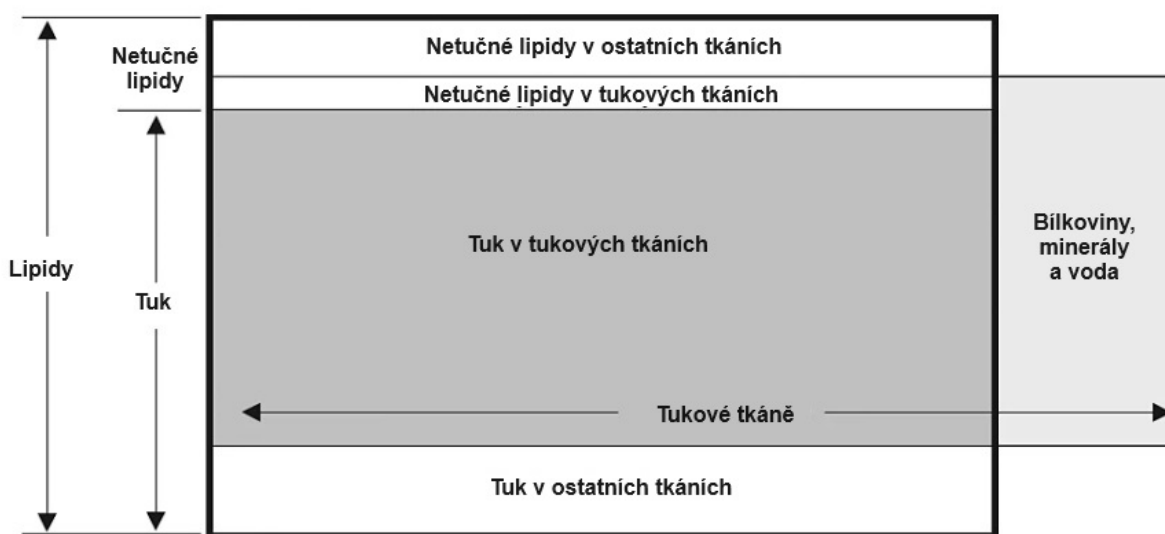
Z pěti úrovní složení těla od atomární po celotělovou je buněčná úroveň první na které se objevuje energetický metabolismus živých organismů. Lidské tělo se skládá ze tří složek (Obrázek 2) na buněčné úrovni: tukových buněk, extracelulárních tekutin a extracelulárních pevných látek (Wang, 2008).

### **2.2.4 Tkáňově-orgánová úroveň**

Tkáňově-orgánová úroveň tělesného složení, jak je znázorněno na Obrázek 2, se skládá z hlavních složek zahrnujících tukovou tkáň, kosterní svalstvo, viscerální orgány, kosti a ostatní tkáně. Některé složky na úrovni tkáň-orgán jsou jednotlivé pevné orgány, jako je mozek, srdce, játra a slezina. Jiné, jako kosterní sval a tuková tkáň, jsou rozptýleny po celém těle (Heymsfield, 2005).

Tuk a tuková tkáň se v běžném použití často zaměňují, ačkoli v oblasti tělesného složení jsou tuk a tuková tkáň odlišné a různé složky na různých úrovních a jejich taxonomické oddělení je důležité při měření jejich hmotnosti a metabolických charakteristik (Moore, 1963). Ačkoli se tuk nachází především v tukové tkáni, intracelulární pooly triglyceridů se vyskytují také v játrech, kosterním svalstvu (Anderwald, 2002) a dalších orgánech, zejména

u patologických stavů, jako je jaterní steatóza a různé formy lipidózy. Existují také malé cirkulující extracelulární pooly triglyceridů, především ve formě lipoproteinů (Björntorp, 1991). Tuková tkáň se skládá z adipocytů, extracelulární tekutiny, nervů a cév. Složky tukové tkáně jsou přítomny po celém těle a metabolické vlastnosti těchto složek se v různých anatomických lokalitách liší (Enevoldsen, 2001). Složky tukové tkáně úzce souvisejí se zdravotními potížemi. Například viscerální tuková tkáň je spojena s citlivostí na inzulín, metabolickým syndromem (Wajchenberg, 2000) a diabetem 2. typu (Bermudez, 2001). Obrázek 3 ukazuje vztahy mezi tukem a lipidy na molekulární úrovni a tukovou tkání na úrovni tkání a orgánů.



Obrázek 3 - Vztahy mezi složkami lipidů a tuku (Moore, 1963)

### 2.2.5 Celotělová úroveň

Pátou úroveň složení těla, úroveň celého těla, lze rozdělit na oblasti, jako jsou končetiny, trup a hlava. Spíše než diskrétní složky, které se používají v jiných úrovních, se trup a končetiny obvykle popisují pomocí antropometrických měr, jako jsou obvod, kožní řasy a délka (Heymsfield, 2005). Obvod pasu, důležitá antropometrická veličina, úzce souvisí s morbiditou a mortalitou související s obezitou (Zhu, 2002). Vývoj rovnic pro predikci tělesného složení na základě antropometrie je stále aktuální oblastí s mnoha statistickými problémy, na které upozornil (Lohman, 1981). Kromě rozdílů v tělesném složení na úrovni celého těla v závislosti na věku a pohlaví existují rozdíly v těchto oblastech i mezi různými etnickými skupinami (Raji, 2001).

## 2.2.6 Vztahy mezi úrovněmi

Každá ze složek na pěti úrovních je samostatná a žádná ze složek na stejné úrovni se nepřekrývá. Tato diskrétní povaha každé složky je důležitá, protože zabraňuje zmatkům při vývoji modelů tělesného složení. Tento nedostatek překrývání mezi složkami také zabraňuje nadbytečnosti ve vícesložkových modelech tělesného složení, viz Tabulka 2 (Heymsfield, 2005).

Ačkoli jsou hlavní tělesné složky definovány a identifikovány na každé z pěti úrovní, některé zavedené studie složek ve výzkumu tělesného složení jsou prováděny napříč úrovněmi. Například intracelulární a extracelulární část TBW, tuková tkáň trupu a svaly končetin jsou termíny a komponenty kombinované úrovně (Heymsfield, 2005). Složka jaterního tuku kombinuje složky na úrovni molekul a tkání a orgánů (Enevoldsen, 2001). Některé termíny, například intramyocelulární lipid, kombinují složky na třech úrovních: molekulární, buněčné a tkáňově-orgánové (Björntorp, 1991). Ačkoli tedy pětiúrovňový model poskytuje základní strukturu složení lidského těla a vytváří rámec pro vysvětlení vztahů mezi hlavními složkami těla, složky na různých úrovních lze zkoumat podle specifických výzkumných a klinických zájmů a jsou slibnou oblastí pro další výzkum (Wang, 1992).

Důležitým konceptem ve výzkumu tělesného složení je, že pokud jsou tělesná hmotnost a energetická bilance stabilní, hlavní složky zůstávají stabilní, a udržují tak mezi sebou předvídatelné vztahy (Heymsfield, 2005). Tyto stabilní vztahy jsou základem některých modelů tělesného složení. Kromě již zmíněného faktoru hydratace FFM (Sheng, 1979) je hustota FFM další dobře známou fyzikální charakteristikou tělesného složení v ustáleném stavu (Lohman, 1986).

## 2.3 Měření tělesného složení

Výzkum tělesného složení má dlouhou a významnou historii, ale stále dochází k událostem, který tuto oblast mění. Za prvé, praktické a vysoce sofistikované měřicí systémy se stávají široce dostupnými. V souladu s tím výzkum složení těla a klinické aplikace, které dříve používalo několik specializovaných laboratoří, využívá široká škála biologických vědců a lékařů (Heymsfield, 2005).

Badatelé (Gurr, 2002; Wang, 1992; Snyder, 1975) v tradičním výzkumu tělesného složení se soustředili na měření hlavních tělesných složek. Hmotnost, objem a rozložení jednotlivých složek (hlavně tuku a tukuprosté hmoty) jsou hlavními měřítky v této oblasti (Heymsfield, 2005).

Epidemiologická šetření vztahu mezi složením těla a kardiovaskulárními a jinými chronickými chorobami vyžadují velké vzorky, které vyžadují jednoduché a spolehlivé postupy, jako je antropometrie a bioelektrická impedance. Bioelektrická impedance měří tělesný odpor, který je úměrný TBW a FFM (Sun, 2003). Kožní řasy měří tloušťku podkožní tukové tkáně a obvody končetin měří kombinaci tukové tkáně a beztukových tkání (Chumlea, 2000). Obvody trupu stejně jako obvod břicha poskytují nepřímý odhad vnitřní tukové tkáně. BMI (hmotnost/postava<sup>2</sup>; kg/m<sup>2</sup>) je ukazatelem úrovně tělesného tuku u dospělých (Guo, 2002) a tuku a beztukových tkání u dětí (Maynard, 2001).

Termín denzitometrie označuje obecný postup odhadu tělesného složení na základě tělesné hustoty. Ačkoli k odhadu tělesné hustoty lze použít několik metod, denzitometrie se stala prakticky synonymem pro vážení pod vodou, nazývané také hydrostatické vážení nebo hydrodenzitometrie. V poslední době se životaschopnou alternativní metodou odhadu tělesné hustoty stala pletysmografie s měřením výtlaku vzduchu (Heymsfield, 2005).

Hustota lidského těla (Db), stejně jako jakéhokoli jiného materiálu, odpovídá poměru jeho hmotnosti (MA) a objemu (V). Voda je zdaleka nejhojnější složkou těla (Forbes, 1961). Podíl vody na tělesné hmotnosti se pohybuje od 70 až 75 % při narození po méně než 40 % u obézních dospělých (Brožek, 1963). Voda je pro život nezbytná, slouží jako rozpouštědlo pro biochemické reakce a jako transportní médium. Pokles tělesné vody o 15 % v důsledku dehydratace je život ohrožující (Moore, 1963). I malá změna celkové tělesné vody (TBW) však může způsobit měřitelnou změnu tělesné hmotnosti, a proto je stanovení TBW zásadní pro měření tělesného složení (Rokyta, 2000).

### 2.3.1 Metody měření tělesného složení

V této části je shrnuto 10 uznávaných metod pro kvantifikaci každé z hlavních složek na pěti úrovních tělesného složení.

#### **Hydrodenzitometrie a pletysmografie výtlaku vzduchu**

Termín denzitometrie označuje obecný postup odhadu tělesného složení na základě tělesné hustoty. Ačkoli k odhadu tělesné hustoty lze použít několik metod, densitometrie se stala prakticky synonymem pro vážení pod vodou, nazývané také hydrostatické vážení nebo hydrodensitometrie. V poslední době se životaschopnou alternativní metodou odhadu tělesné hustoty stala pletysmografie s měřením výtlaku vzduchu (Heymsfield, 2005).

#### **Hydrometrie**

Celkovou tělesnou vodu lze měřit pomocí principu ředění. Použití principu ředění in vivo je však složitější než in vitro<sup>11</sup>. Tato složitost vyplývá z toho, že stopovací látky používané při ředění in vivo se nechovají ideálním způsobem. Měření celkové tělesné vody in vivo proto vyžaduje pečlivou pozornost těmto odchylkám od základních předpokladů, z nichž vychází princip ředění. Pokud se tyto odchylky zohlední, je možné navrhnout protokol, který maximalizuje přesnost a preciznost měření celkové tělesné vody (Heymsfield, 2005).

Voda je důležitou složkou na molekulární, buněčné a tkáňové úrovni modelů popisujících složení těla (Wang, 1992). Na rozdíl od ostatních složek těla na molekulární úrovni se vodní složka skládá z jediné molekulární formy, oxidu vodíku. Tato jedinečná molekulární struktura zjednodušuje úlohu měření, a proto je TBW běžnou metodou pro hodnocení tělesného složení na molekulární úrovni (Heymsfield, 2005).

#### **Celotělové počítání a neutronová aktivační analýza**

Pro měření hlavních tělesných prvků jsou důležité dvě související metody, celotělové počítání a neutronová aktivační analýza in vivo. Tyto metody nám poskytují informace na atomární úrovni složení těla (Ellis, 1990).

**Celotělové čítače** byly původně zkonstruovány za účelem monitorování možné kontaminace pracovníků v jaderném průmyslu a vědců v národních laboratořích. V rámci rutinního monitorování pracovníků a sledování zbytkové aktivity po podání izotopu bylo zjištěno, že signál přirozeného pozadí z těla má ve spektrech několik identifikovatelných

---

<sup>11</sup> In vitro (latina) pro „ve skle“. Když se něco provádí in vitro, děje se to mimo živý organismus.

vrcholů (Forbes, 1961). Díky vývoji scintilačních detektorů s dostatečným energetickým rozlišením bylo možné jeden z přirozených signálů vyzařovaných z lidského těla identifikovat jako izotop draslíku (Anderson, 1959; Kulwich, 1958). Bylo by obtížné připsat vývoj in vivo stanovení draslíku v těle jedinému člověku nebo výzkumné skupině.

Když je subjekt umístěn do **neutronového pole**, existuje malá pravděpodobnost, že některé atomy v těle projdou určitým typem jaderné reakce v závislosti na energii neutronu (Cohn, 1985). Lidé jsou již nyní neustále vystaveni kosmickým zdrojům neutronů, ale intenzita přirozeného neutronového toku pozadí je příliš slabá na to, abychom mohli detekovat indukované záření gama vycházející z těla. K dosažení užitečné hranice detekce in vivo (definované přijatelnou přesností a precizností při co nejnížší dávce) je zapotřebí vnější zdroj neutronů. S tímto přístupem lze dosáhnout smysluplných měření obsahu prvků v těle (Chettle, 1984) Prvky, které byly měřeny in vivo u lidí, jsou vápník, sodík, chlor, fosfor, dusík, vodík, kyslík, uhlík, kadmium, rtuť, železo, jód, hliník, bór, lithium a křemík (Cohn, 1985; Chettle, 1984).

### **Duální energetická rentgenová absorpciometrie**

Duální energetická rentgenová absorpciometrie je v současnosti jednou z nejrozšířenějších technik používaných při studiu tělesného složení (Genton, 2002; Pietrobelli, 1996). Dvouenergetické rentgenové absorpciometrie (DXA<sup>12</sup>) se využívá k měření celkového a regionálního složení těla, včetně odhadu hmotnosti měkkých tkání, hmotnosti bez tuku (FFM), hmotnosti tuku (FM) a obsahu kostních minerálů (Genton, 2002).

### **Počítačová tomografie a magnetická rezonance**

Zobrazovací metody, jako je počítačová tomografie (CT<sup>13</sup>) a magnetická rezonance (MRI<sup>14</sup>), jsou považovány za nejpřesnější dostupné prostředky pro kvantifikaci tělesného složení in vivo na úrovni tkání a orgánů. Ačkoli přístup a cena zůstávají překážkou rutinního používání, tyto zobrazovací metody se nyní hojně využívají ve výzkumu složení těla. CT a MRI jsou metodami volby pro kalibraci terénních metod určených k měření tukové tkáně a kosterního svalstva in vivo a jsou jedinými dostupnými metodami pro měření vnitřních tkání a orgánů (Heymsfield, 2005).

---

<sup>12</sup> DXA – Dual Energy X-Ray Absorpciometry

<sup>13</sup> CT – Computed Tomography

<sup>14</sup> MRI – Magnetic Resonance Imaging



## **Antropometrie a ultrazvuk**

Antropometrii lze použít na klinikách i v laboratořích a v terénu ve městech i na venkově. Přístroje jsou přenosné a relativně levné, postupy jsou neinvazivní a školení lze provádět "na pracovišti" bez nutnosti absolvovat přípravné kurzy (Heymsfield, 2005). V důsledku toho je antropometrie použitelná na velkých vzorcích a může poskytovat národní odhady a údaje pro analýzu sekulárních změn na reprezentativních vzorcích. Antropometrie však vyžaduje odpovídající školení zkušeného odborníka a kontrolu kvality, včetně analýz údajů o spolehlivosti a kalibrace zařízení během studie a v průběhu klinické práce (Bray, 1978). Kalibrace vyžaduje použití standardních závaží, tyčí a dodržení pravidel. Postupy pro kalibraci kaliperů pro měření kožních řas byly poněkud nedostatečné, ale nedávno byly popsány účinné přístroje pro tento účel (Carlyon, 1998; Hewitt, 2002).

Tradiční měření podkožní tukové tkáně (SAT) pomocí kaliperu na kožní řasy má určitá omezení. Kožní řasy nelze pro měření na mnoha místech těla zvednout. Některé kožní řasy jsou pro použití kaliperu příliš silné. Ačkoli primární funkcí ultrazvuku je hodnocení struktur měkkých tkání v klinické diagnostice, ultrazvukové přístroje mohou měřit také tloušťky tkání, jako je SAT, svaly a intraabdominální hloubka (IAD), bez mnoha z těchto omezení. Posledně jmenovaná hodnota je mnoha výzkumníky používána jako index viscerální tukové tkáně (abdominální DAT) (Kvist, 1988).

Ultrazvuk pro měření tloušťky SAT zavedli Booth a jeho kolegové (1966). Přístroje s B-módem (jasovou modulací) využívají vysokofrekvenční zvukové vlny (1-10 MHz), které vznikají vibracemi elektricky stimulovaného piezoelektrického krystalu uvnitř měniče (Sprawls, 1995). Ultrazvukový paprsek se šíří kůží a částečně se odráží od rozhraní různorodých podkladových tkání. Zatímco zbytek paprsku pokračuje v cestě přes rozhraní do hlubších tkání, část paprsku se vrací do snímače jako ozvěna. Rozhraní měkkých tkání odrážejí pouze malou část zvuku, protože biologické měkké tkáně se málo liší v odolnosti vůči šíření zvuku (Hagen-Ansert, 2001).

## **Bioimpedanční analýza**

Bioimpedanční analýza (BIA<sup>15</sup>) je nyní považována za náhradu nebo doplněk konvenční antropometrie v terénních studiích. Metoda BIA je také vhodná pro rychlé hodnocení u lůžka v klinických podmínkách, kde je přijatelná omezená přesnost (Lohman, 1986).

---

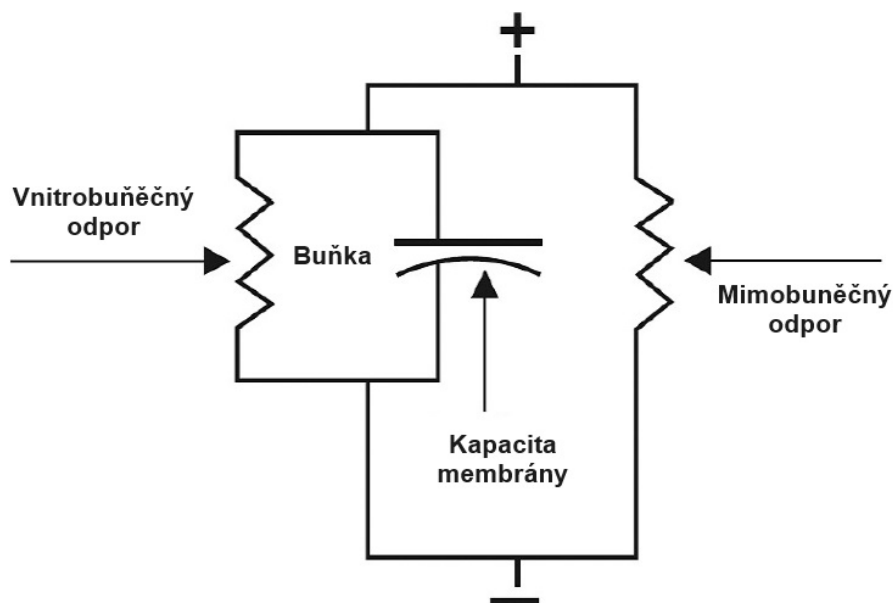
<sup>15</sup> BIA – Bio Impedance Analyses

### 2.3.2 Bioelektrické impedance

Principem, na kterém je založeno použití bioelektrické impedance pro hodnocení tělesného složení, je vztah tělesného složení k obsahu vody v těle (Hoffer, 1969). Stejně jako všechny metody měření tělesného složení závisí bioelektrická impedance na několika statických předpokladech a dynamických vztazích týkajících se elektrických vlastností těla, jeho složení, hydratace a hustoty a věku, rasy, pohlaví a fyzické kondice hodnocených osob (Lohman, 1986).

Impedance je frekvenčně závislý odpor vodiče vůči průtoku střídavého elektrického proudu. Impedance je určena vektorovým vztahem mezi odporem ( $R$ ) a reaktancí ( $X_c$ ) měřeným při frekvenci proudu podle rovnice  $Z^2 = R^2 + X_c^2$ . Odpor je čistý odpor vodiče vůči střídavému proudu a reaktance je dielektrická složka impedance. Hodnoty odporu a reaktance závisí na frekvenci elektrického proudu. Při nízké frekvenci se impedance rovná odporu a reaktance je nulová. S rostoucí frekvencí proudu se reaktance objevuje, pokud ve vodiči existuje více proudových cest a některé z nich proud brzdí více než jiné. Hodnota reaktance roste s frekvencí, ale maxima dosahuje při určité frekvenci, která závisí na složení vodiče. Poté reaktance s rostoucí frekvencí klesá, takže při určité vysoké frekvenci je impedance pro daný vodič opět rovna pouze odporu (Heymsfield, 2005).

Bioelektrické impedanční analyzátory používají střídavý proud, který vstupuje do těla při velmi nízkém a bezpečném proudu. Vodičem je voda obsažená v těle a bioelektrický impedanční analyzátor měří impedanci tohoto tekutého vodiče (Hoffer, 1969). Odpor v těle je stejný jako u nebiologických vodičů. Reaktance je způsobena kapacitním účinkem buněčných membrán, tkáňových rozhraní a neiontových tkání, které zpomalují část elektrického proudu procházejícího těmito vícenásobnými proudovými cestami. Elektrický proud protéká rozdílně ECW a ICW v závislosti na frekvenci proudu (Hoffer, 1969). Při frekvencích 5 kHz nebo nižších protéká proud ECW a reaktance je minimální, protože jsou obcházeny kapacitní vlastnosti tělesných tkání. S rostoucí frekvencí proud vstupuje i do nitrobuněčného prostoru a kapacitní aspekty těla, jako jsou buněčné membrány a tkáňová rozhraní, proud brzdí, což způsobuje reaktanci. Tato kapacita má maximální reaktanci při určité vysoké frekvenci, ale jak se frekvence dále zvyšuje, účinky se snižují a reaktance klesá. Při vysokých frekvencích nad 100 kHz proniká proud do všech tělesných tkání stejně a reaktance se opět minimalizuje. Schéma elektrických obvodů (Obrázek 4) mohou tyto elektrické vlastnosti těla popsat nebo modelovat (Schwan, 1953).



Obrázek 4 - Princip fungování BIA (Heymsfield, 2005)

Tetrapolární metoda je nejběžnějším způsobem měření impedance. K tělu se připojí dvě elektrody, kterými do těla vstupuje střídavý elektrický proud. V lineární poloze těchto dvou proudových elektrod se k tělesu připojí také dvě detekční elektrody a přes tyto dvě detekční elektrody se měří hodnoty odporu a reaktance. Délka vodiče je technicky lineární vzdálenost mezi oběma detekčními elektrodami. U dospělých osob je minimální povolená vzdálenost mezi proudovými a detekčními elektrodami přibližně 4 až 5 cm, aby se zabránilo elektrickému rušení. Tato vzdálenost, typ a počet elektrod a schémata umístění elektrod na těle jsou specifické pro jednotlivé přístroje a výrobce (Bedogni, 2002).

## **2.4 Tělesné složení a fyzická výkonnost vojenského personálu**

Tato kapitola se zaměřuje na to, jak tělesné složení ovlivňuje fyzickou výkonnost, zdravotní stav a připravenost na operace, a také zdůvodňuje význam této problematiky pro Armádu České republiky v kontextu členství v NATO.

### **2.4.1 Fyzická výkonnost**

Fyzická výkonnost vojenského personálu je přímo ovlivněna jejich tělesným složením. Vyšší podíl svalové hmoty zlepšuje sílu, vytrvalost a schopnost vykonávat náročné fyzické úkoly, jako je nesení těžkých břemen nebo dlouhé pochody. Studie provedená mezi vojáky americké armády ukázala, že vyšší procento svalové hmoty pozitivně koreluje s lepšími výsledky v testech fyzické zdatnosti, jako jsou běh na 2 míle a sklapovačky (Foulis, 2022). Na druhé straně, vyšší procento tělesného tuku může negativně ovlivnit rychlost, agilitu a celkovou fyzickou výkonnost. Vojáci s vyšším procentem tělesného tuku mají tendenci vykazovat horší výsledky v testech vyžadujících rychlé a opakované pohyby, jako jsou sprinty nebo překážkové dráhy (Williams, 2013).

### **2.4.2 Zdravotní rizika**

Tělesné složení také úzce souvisí se zdravotním stavem vojenského personálu. Zvýšený podíl tělesného tuku je spojován s vyšším rizikem kardiovaskulárních onemocnění, cukrovky a dalších metabolických poruch, což může ovlivnit celkovou zdravotní připravenost vojáků (Knapik, 2015). Naopak, vyšší podíl svalové hmoty je spojován s nižším rizikem muskuloskeletálních zranění, což je důležité zejména při provádění fyzicky náročných úkolů (Deuster, 2017).

### **2.4.3 Připravenost na vojenské operace**

Optimalizace tělesného složení je klíčová pro zvyšování efektivity a úspěšnosti vojenských operací. Vojáci s optimálním poměrem svalové hmoty a tělesného tuku jsou schopni efektivněji plnit své úkoly a lépe odolávat fyzickým nárokům bojových situací. Knapik uvádí, že vojáci s lepším tělesným složením vykazují vyšší míru přežití v bojových podmínkách

a nižší míru zranění (Knapik, 2016). Naopak vojáci s vyšším BMI a vyšším zastoupením tělesného tuku jsou náchylnější ke zranění a nepřátelské palbě (Mikkola, 2012).

#### **2.4.4 Důvody pro výběr komponent tělesného složení**

Z hlavních tělesných komponent tělesného složení byly pro komparativní analýzu vybrány tyto tři: BMI, tělesný tuk a svalová hmota. Byly vybrány záměrně kvůli jejich zásadnímu vlivu na fyzickou kondici, zdravotní stav a výkonnost vojáků jak je zdůvodněno níže (Mikkola, 2012; Knapik, 2015; Foulis, 2022).

##### **BMI (Body Mass Index)**

BMI je běžně používaným nástrojem pro hodnocení tělesné hmotnosti vzhledem k výšce. Poskytuje jednoduchý a rychlý způsob identifikace podváhy, normální hmotnosti, nadváhy a obezity, což je užitečné pro screening velkých skupin lidí. Tento index je důležitý pro identifikaci zdravotních rizik, jako jsou kardiovaskulární onemocnění a cukrovka (Knapik, 2015).

##### **Tělesný tuk**

Procento tělesného tuku poskytuje přesnější informace o složení těla než BMI, protože rozlišuje mezi tukovou a tukuprostou hmotou. Nízké procento tělesného tuku je často spojeno s vyšší rychlostí, agilitou a vytrvalostí, což je klíčové pro vojenský personál. Udržování zdravého procenta tělesného tuku je také důležité pro prevenci obezity a souvisejících zdravotních problémů (Foulis, 2022).

##### **Svalová hmota**

Svalová hmota je klíčovým ukazatelem fyzické síly a výkonnosti. Vyšší podíl svalové hmoty zlepšuje fyzickou sílu a vytrvalost, což je zásadní pro vykonávání fyzicky náročných úkolů v armádě. Svalová hmota také hraje důležitou roli v regulaci metabolismu a udržování zdravé tělesné hmotnosti (Knapik, 2016).

#### **2.4.5 Význam pro Armádu České republiky a členství v NATO**

Optimalizace tělesného složení vojenského personálu je důležitá pro Armádu České republiky, která je součástí mezinárodních obranných struktur, jako je NATO. V rámci NATO

je kladen důraz na interoperabilitu a standardizaci, což zahrnuje i fyzické a zdravotní standardy vojenského personálu. Efektivní tělesné složení přispívá k dosažení těchto standardů a zajišťuje, že vojáci mohou efektivně spolupracovat s jednotkami z jiných členských států v rámci společných operací a cvičení (Deuster, 2017).

Armáda ČR se pravidelně účastní mezinárodních misí a operací, kde je fyzická zdatnost a zdravotní připravenost klíčová pro úspěch a bezpečnost vojáků. Optimalizace tělesného složení pomáhá vojákům dosahovat vysoké úrovně fyzické výkonnosti, která je nezbytná pro plnění náročných úkolů v různých geografických a klimatických podmínkách (Foulis, 2022).

## **Empirická část**

Empirická část této práce se zaměřuje na definování hlavního cíle, úkolů a hypotéz. Dále je pak podrobně popsána metodika, výzkumný soubor, způsoby měření a vyhodnocování dat. V této části jsou rovněž prezentovány výsledky výzkumu. Diskusní část pak porovnává získané výsledky s předpoklady a zamýšlí se nad zjištěnými rozdíly.

### **3. Cíl, úkoly a hypotézy práce**

#### **3.1 Cíl práce**

Cílem práce je provést komparativní analýzu tělesného profilu (tělesného složení) studentů Vojenského oboru při UK FTVS v Praze z roku 2024 a porovnat jej s tělesným profilem studentů z roku 2015.

#### **3.2 Úkoly práce**

1. rešerše vhodné a aktuální literatury k problematice tělesného složení, způsobům a možnostem jeho měření a dále také k vhodným statistickým postupům pro vyhodnocení naměřených dat a jejich komparaci s historickým měřením;
2. zajištění přístrojového vybavení pro provedení vlastního měření TANITA MC – 980;
3. vypracování informovaného souhlasu a žádosti pro etickou komisi UK FTVS v Praze;
4. měření tělesného složení;
5. zpracování, posouzení a analýza naměřených dat a jejich statistické zpracování s předchozími měřeními<sup>16</sup> v roce 2015;
6. prezentace výsledků;
7. diskuse nad zjištěnými závěry.

#### **3.3 Výzkumná otázka**

Změnilo se tělesné složení studentů Vojenského oboru FTVS při UK v Praze za posledních 9 let?

---

<sup>16</sup> Data pro srovnání pocházejí z bakalářské práce (Vrba, 2015)



### 3.4 Hypotézy

Hypotéza č. 1: Předpokládáme, že průměrné hodnoty BMI změřené u studentů Vojenského oboru při UK FTVS v Praze v roce 2024 se budou statisticky významně lišit od průměrných hodnot BMI naměřených v roce 2015 ( $p < 0,05$ ).

Hypotéza č. 2: Předpokládáme, že průměrné množství tučné hmoty změřené u studentů Vojenského oboru při UK FTVS v Praze v roce 2024 se budou statisticky významně lišit od průměrných hodnot tučné hmoty naměřených v roce 2015 ( $p < 0,05$ ).

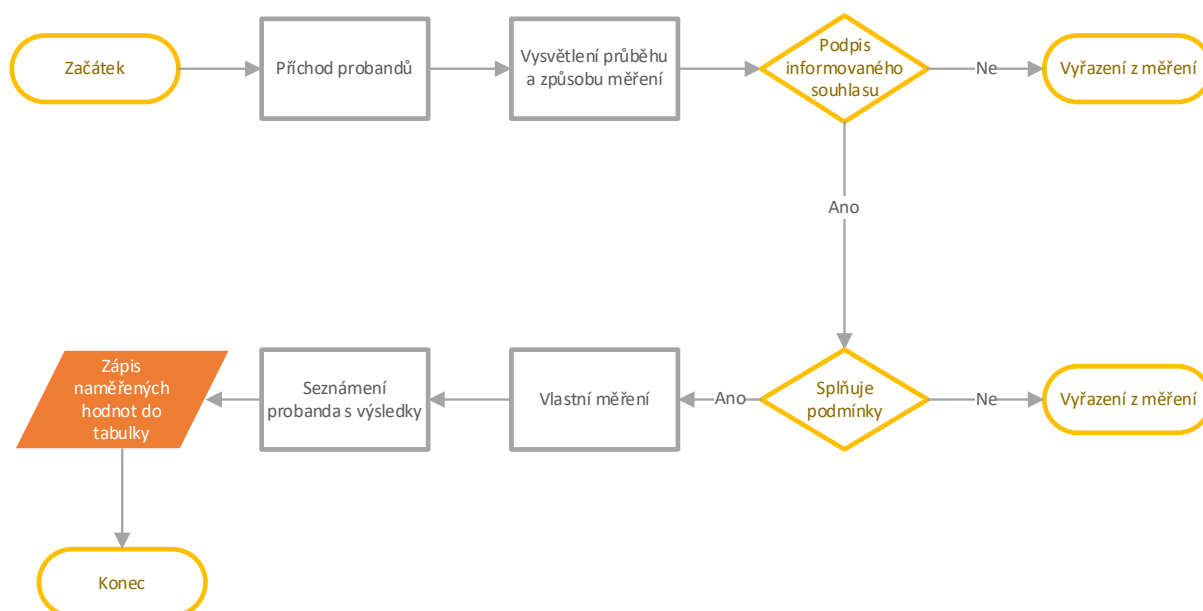
Hypotéza č. 3: Předpokládáme, že průměrné množství svalové hmoty změřené u studentů Vojenského oboru při UK FTVS v Praze v roce 2024 se budou statisticky významně lišit od průměrných hodnot svalové hmoty naměřených v roce 2015 ( $p < 0,05$ ).

## 4. Metodika práce

Jedná se o empirickou práci observačního charakteru. Průběh měření, výběr a složení probandů, vyhodnocování dat, jejich porovnávání s předchozími měřeními a ostatní náležitosti celého procesu je uvedeny v následujících částech.

### 4.1 Průběh měření

Měření probíhalo v laboratorních podmínkách Biomedicínské laboratoře UK FTVS během zimního semestru 2023/2024 (Obrázek č. 5). Testování bylo schváleno Etickou komisí UK FTVS (Příloha č.1).



Obrázek 5 - Diagram průběhu měření

### 4.2 Výzkumný soubor

Záměrný výzkumný soubor tvořilo celkem 22 probandů. Jednalo se o studenty Vojenského oboru při UK FTVS ve věku 19–27 let, kteří procházejí pravidelnou zdravotní prohlídkou a každoročním testováním fyzické zdatnosti v Armádě ČR. Všichni probandi se do výzkumu zapojili dobrovolně a měli možnost kdykoliv odstoupit bez udání důvodu. Probandům

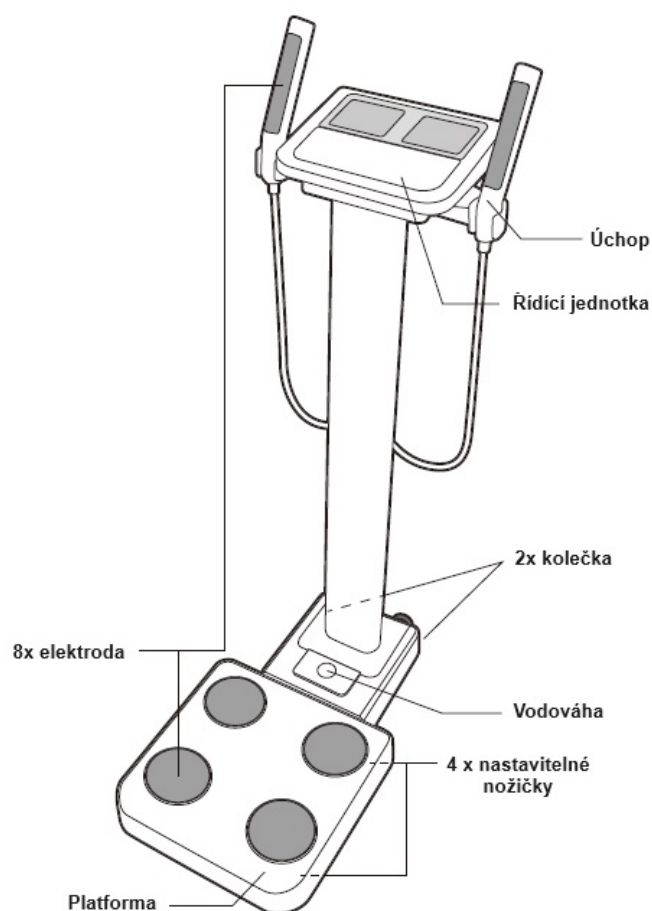
byl podrobně vysvětlen průběh testování a svým podpisem na informovaném souhlasu vyjádřili svůj souhlas s měřením.

	<b>Průměr</b>	<b>Směr. odchylka</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>
<b>Věk (roky)</b>	21,96	2,04	19,00	27,00
<b>Tělesná výška (cm)</b>	182,18	7,39	170,50	201,00
<b>Tělesná hmotnost (kg)</b>	79,01	9,77	61,20	98,90

Tabulka 3 – Antropometrické údaje

### 4.3 Sběr dat

Sběr požadovaných dat se prováděl pomocí bioelektrické impedance přístrojem Tanita MC-980 (Obrázek č. 7) ve stejnou dobu a na totožném místě za standartních podmínek, tj. probandi byli nejméně 24 hodin po náročnější fyzické aktivitě a 2 hodiny po jídle a pití. Multifrekvenční segmentový monitor tělesného složení MC-980 poskytuje okamžitou analýzu zdraví a kondice. Monitor je navržen jako interaktivní zařízení, které umožňuje klientům snadno provádět měření samostatně, bez odborné asistence. Kompletní segmentová analýza složení těla je provedena během 20 sekund a je snadno čitelná na duálním displeji. Výsledky se automaticky ukládají na kartu SD nebo se přenášejí na tiskárnu. Všechna uživatelská data lze uložit a použít k podrobné analýze trendů pomocí softwaru TANITA PRO (TANITA, 2024).



Obrázek 6 - Schematický náčrtek TANITA MC-980 (Instruction Manual, 2018)

#### 4.4 Analýza dat

Tělesné složení bylo vyhodnoceno pomocí softwaru přístroje Tanita MC-980 za použití predikčních rovnic pro sportující populaci (režim Athletic) (Instruction Manual, 2018). Vyhodnocená data byla zpracována v MS excel a následně převedeny do csv formátu, který byl potřebný pro statistické zpracování v programu JASP ve verzi 0.18.3. Zde jsme data podrobili deskriptivní statistice.

Dále byl proveden test pro zjištění normality rozdělení dat. Byl použit Shapiro-Wilkův test u kterého platí, že pokud je p-hodnota větší než 0,05 (hladina významnosti 95 %) pak data mají normální rozdělení (Kába, 2012).

Pro komparativní analýzu byl použit nezávislý t-test. T-test generuje p-hodnotu, která udává pravděpodobnost zjištění daných dat, pokud je p-hodnota menší než stanovená hladina významnosti (často 0,05), interpretujeme to jako důkaz o existenci statisticky významného

rozdílu mezi skupinami. Tento test předpokládá, že data jsou normálně rozdělena (Zvárová, 2016).

Pokud by nebylo data normálně rozložena byl by použit například Mann-Whitneyův U test, který nevyžaduje normální rozdělení dat a je vhodný pro porovnání mediánů dvou nezávislých skupin (Zvárová, 2016).

## 5. Výsledky

Tato část práce zobrazuje konkrétní hodnoty výsledky statistického vyhodnocení naměřených dat. V úvodní části jsou popisné statistiky souboru a výsledky jednotlivých statistických testů. Další části zahrnují vyhodnocení vybraných komponent tělesného složení, konkrétně: BMI, tělesného tuku a svalové hmoty.

### 5.1 Statistika

Popisné statistika vytvořeného souboru nám dává základní přehled o jednotlivých komponentech, test normality je nezbytným předpokladem pro možnost zjištění použití a provedení nezávislého t-testu.

#### 5.1.1 Deskriptivní statistika

Základní popisné statistiky vybraných komponent tělesného složení, tedy průměr, směrodatná odchylka, minimální a maximální hodnoty, jsou uvedeny v následující tabulce.

n = 22	Skupina	Průměr	Směr. odchylka	Minimum	Maximum
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	2015	23,76	1,48	20,80	26,20
	2024	23,77	2,19	19,00	27,30
Tučná hmota (kg)	2015	6,47	2,59	2,90	12,40
	2024	8,16	3,98	3,00	18,10
Svalová hmota (kg)	2015	67,06	5,94	53,40	80,30
	2024	67,35	6,99	54,60	83,40

Tabulka 4 - Popisná charakteristika sloučeného souboru

### 5.1.2 Test normality

Výsledky testu normality rozdělení (Shapiro-Wilkova testu) jsou uvedeny v tabulce níže.

Test of Normality (Shapiro-Wilk)			
		W	p
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	2015	0.949	0.298
	2024	0.960	0.487
Tučná hmota (kg)	2015	0.950	0.321
	2024	0.922	0.085
Svalová hmota (kg)	2015	0.956	0.404
	2024	0.953	0.370

Tabulka 5 -Test normality rozdělení

Podmínka velikosti p-hodnoty je u všech měřených veličin větší než 0,05 a proto můžeme prohlásit, že data mají normální rozdělení. Zároveň nám hodnota w blízka 1 naznačuje, že data jsou blíže normálnímu rozdělení.

### 5.1.3 Komparativní analýza

Pro komparativní analýzu mohl být použit nezávislý t-test, neboť data byla normálně rozložena.

## 5.2 BMI

Námi předpokládaná hypotéza, že se průměrné hodnoty BMI v roce 2024 budou statisticky lišit od průměrných hodnot BMI naměřených v roce 2015 na obdobné skupině vybraných jedinců, se nepotvrdila. Analýza pomocí nezávislého t-testu ukázala, že rozdíl v průměrných hodnotách BMI mezi roky 2015 a 2024 nebyl statisticky významný ( $p = 0,994$ ). Na základě těchto výsledků jsme tedy původní hypotézu zamítli.

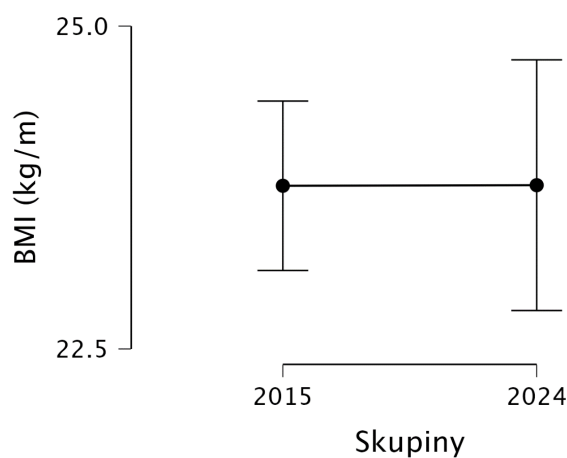
n = 22	Skupina	Průměr	Směr. odchylka	Minimum	Maximum
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	2015	23,76	1,48	20,80	26,20
	2024	23,77	2,19	19,00	27,30

Tabulka 6 - Popisná charakteristika BMI sloučeného souboru

Nezávislý T-Test	
	p
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	0,994

Tabulka 7 - Výsledek t-testu pro BMI

Tomuto tvrzení odpovídá i následující graf vyjadřující změnu vypočteného BMI z dat v roce 2015 a roce 2024.



Obrázek 7 - Změna BMI 2015 vs. 2024



### 5.3 Tučná hmota

Námi předpokládaná hypotéza, že se průměrné množství tučné hmoty roce 2024 budou statisticky lišit od průměrného množství tučné hmoty naměřených v roce 2015 na obdobné skupině vybraných jedinců, se nepotvrdila. Analýza pomocí nezávislého t-testu ukázala, že rozdíl v průměrných množstvích tučné hmoty mezi roky 2015 a 2024 nebyl statisticky významný ( $p = 0,102$ ). Na základě těchto výsledků jsme tedy původní hypotézu zamítli.

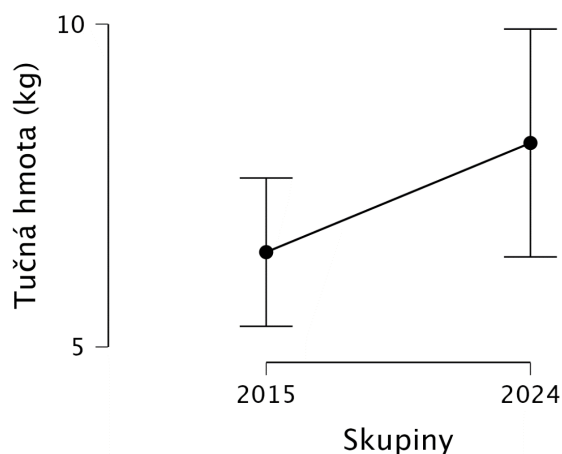
n = 22	Skupina	Průměr	Směr. odchylka	Minimum	Maximum
Tučná hmota (kg)	2015	6,47	2,59	2,90	12,40
	2024	8,16	3,98	3,00	18,10

Tabulka 8 - Popisná charakteristika tučné hmoty sloučeného souboru

Nezávislý T-Test	
	p
Tučná hmota (kg)	0,102

Tabulka 9 - Výsledek t-testu pro tučnou hmotu

Tomuto tvrzení odpovídá i následující graf vyjadřující změnu množství tučné hmoty z dat v roce 2015 a roce 2024.



Obrázek 8 - Změna tučné hmoty 2015 vs. 2024

## 5.4 Svalová hmota

Námi předpokládaná hypotéza, že se průměrné množství svalové hmoty roce 2024 budou statisticky lišit od průměrného množství svalové hmoty naměřených v roce 2015 na obdobné skupině vybraných jedinců, se nepotvrdila. Analýza pomocí nezávislého t-testu ukázala, že rozdíl v průměrných množstvích svalové hmoty mezi roky 2015 a 2024 nebyl statisticky významný ( $p = 0,886$ ). Na základě těchto výsledků jsme tedy původní hypotézu zamítli.

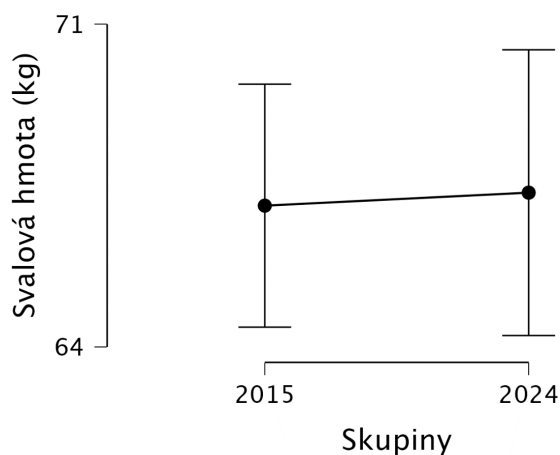
n = 22	Skupina	Průměr	Směr. odchylka	Minimum	Maximum
Svalová hmota (kg)	2015	67,06	5,94	53,40	80,30
	2024	67,35	6,99	54,60	83,40

Tabulka 10 - Popisná charakteristika svalové hmoty sloučeného souboru

Nezávislý T-Test	
	P
Svalová hmota (kg)	0,886

Tabulka 11 - Výsledek t-testu pro svalovou hmotu

Tomuto tvrzení odpovídá i následující graf vyjadřující změnu množství tučné hmoty z dat v roce 2015 a roce 2024.



Obrázek 9 - Změna svalové hmoty 2015 vs. 2024

## 6. Diskuze

V původních hypotézách jsme se domnívali, že dojde ke statisticky významným změnám v hodnotách tělesného složení. Konkrétně u hodnot BMI, dále pak i u množství tukové a svalové hmoty. Výsledky této práce tyto hypotézy nepotvrdily.

Ke stanovení výše zmiňovaných hypotéz nás vedly výsledky konkrétních studií provedených v armádě Spojených států (Marriott, 1992), ale i výsledky měření tělesných charakteristik v České republice (Vignerová, 2006), které shodně vykazovaly postupný růst hodnot BMI. Byla provedena rozsáhlá studie v armádě USA a v letech 1864 až 1984 měřeny základní tělesné charakteristiky. Zatímco v roce 1864 byla průměrná hodnota BMI na úrovni  $21,94 \text{ kg/m}^2$ , v roce 1984 tato hodnota vzrostla na úroveň  $24,71 \text{ kg/m}^2$ , to značí téměř 13 % nárůst této hodnoty a to pouze mezi vojáky US Army (Marriott, 1992). Další studie, tentokrát provedená na české populaci, o měření tělesných charakteristik u chlapců v ČR v období od roku 1951 do roku 2001 (Vignerová, 2006) přinesla obdobné závěry. Výsledek této studie ukazuje pozvolný, ale trvalý nárůst hodnot BMI u chlapců ve věku 2 až 18 let. Křivka reprezentující 90. percentil hodnot BMI u 18letých chlapců vykazuje růst z průměrné hodnoty  $24,1 \text{ kg/m}^2$  v roce 1951 na hodnotu  $25,2 \text{ kg/m}^2$  v roce 2001, což představuje růst téměř 5 % (Vignerová, 2006).

Nepotvrzení hypotéz mohlo způsobit několik faktorů. Způsoby přijímacího řízení na Vojenský obor při FTVS UK, zvláště vstupní fyzické testy, které jsou nastaveny na stejné hodnoty po mnoho let, a proto jsou obecně přijímáni studenti s podobným tělesným složením. Dále pak se tělesné složení nemění u studentů ani v průběhu studia, protože způsoby přípravy na budoucí povolání, jako je skladba sportovních předmětů a podmínky jejich splnění jsou shodné poslední roky. A v neposlední řadě možná výběrový soubor studentů Vojenského oboru je natolik specifický a odlišný od běžné populace, že celkové závěry platí pouze a jen pro takto vybraný vzorek.

Mezi limitující faktory práce můžeme zařadit případné porušení pravidel pro měření samotnými probandy. I přesto že byli obeznámeni se standartními podmínkami měření na tomto zařízení, nemuseli je nutně dodržet. Mohlo se stát, že některý z probandů před měřením prováděl náročnější fyzickou aktivitu, nebo jedl a pil což mohlo negativně ovlivnit výsledky měření.

## 7. Závěr

Cílem této práce bylo provést komparativní analýzu tělesného profilu (tělesného složení) studentů Vojenského oboru při UK FTVS v Praze z roku 2024 a porovnat jej s tělesným profilem studentů z roku 2015 a to pomocí měření BMI, podílu tělesného tuku a svalové hmoty.

Námi předpokládaná hypotéza č. 1, že se průměrné hodnoty BMI v roce 2024 budou statisticky lišit od průměrných hodnot BMI naměřených v roce 2015 na obdobné skupině vybraných jedinců, se nepotvrdila ( $p = 0,994$ ).

Hypotéza č. 2 se nepotvrdila, protože průměrné množství tučné hmoty se v roce 2024 statisticky nelišilo ( $p=0,102$ ) od průměrného množství tučné hmoty naměřeného v roce 2015 na obdobné skupině jedinců. A stejně tak hypotéza č. 3, že průměrné množství svalové hmoty se bude statisticky lišit oproti historickým datům, nebyla potvrzena ( $p=0,886$ ).

Tato bakalářská práce by mohla být přínosem pro případné další práce, které se budou zabývat problematikou tělesného složení ve vztahu k služební a sportovní připravenosti nebo případnému výskytu různých onemocnění.

## 8. Seznam literatury

1. ANDERSON, E. C. a W. H. LANGHAM, 1959. Average Potassium Concentration of the Human Body as a Function of Age. *Science (American Association for the Advancement of Science)* [online]. United States: American Association for the Advancement of Science, **130**(3377), 713-714 [cit. 2024-05-01]. ISSN 0036-8075. Dostupné z: doi:10.1126/science.130.3377.713
2. ANDERWALD, Christian, Elisabeth BERNROIDER, Martin KRSSAK, et al., 2002. Effects of Insulin Treatment in Type 2 Diabetic Patients on Intracellular Lipid Content in Liver and Skeletal Muscle. *Diabetes (New York, N.Y.)* [online]. Alexandria, VA: American Diabetes Association, **51**(10), 3025-3032 [cit. 2024-04-30]. ISSN 0012-1797. Dostupné z: doi:10.2337/diabetes.51.10.3025
3. BEDOGNI, G, M MALAVOLTI, S SEVERI, M POLI, C MUSSI, A. L FANTUZZI a N BATTISTINI, 2002. Accuracy of an eight-point tactile-electrode impedance method in the assessment of total body water. *European journal of clinical nutrition* [online]. Basingstoke: Nature Publishing, **56**(11), 1143-1148 [cit. 2024-05-01]. ISSN 0954-3007. Dostupné z: doi:10.1038/sj.ejcn.1601466
4. BERMUDEZ, Odilia I. a Katherine L. TUCKER, 2001. Total and Central Obesity among Elderly Hispanics and the Association with Type 2 Diabetes. *Obesity (Silver Spring, Md.)* [online]. Oxford, UK: Blackwell Publishing, **9**(8), 443-451 [cit. 2024-04-28]. ISSN 1930-7381. Dostupné z: doi:10.1038/oby.2001.58
5. BJÖRNTORP, P, 1991. Metabolic implications of body fat distribution. *Diabetes care* [online]. Alexandria, VA: American Diabetes Association, **14**(12), 1132-1143 [cit. 2024-05-08]. ISSN 0149-5992. Dostupné z: doi:10.2337/diacare.14.12.1132
6. BLUNDELL, J.E, G FINLAYSON, C GIBBONS, P CAUDWELL a M HOPKINS, 2015. The biology of appetite control: Do resting metabolic rate and fat-free mass drive energy intake? *Physiology & behavior* [online]. United States: Elsevier, **152**(Pt B), 473-478 [cit. 2024-05-09]. ISSN 0031-9384. Dostupné z: doi:10.1016/j.physbeh.2015.05.031
7. BRAY, G A, F L GREENWAY, M E MOLITCH, W T DAHMS, R L ATKINSON a K HAMILTON, 1978. Use of anthropometric measures to assess weight loss. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **31**(5), 769-773 [cit. 2024-05-13]. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/31.5.769
8. BROŽEK, Josef, Francisco GRANDE, Joseph T. ANDERSON a Ancel KEYS, 1963. DENSITOMETRIC ANALYSIS OF BODY COMPOSITION: REVISION OF SOME QUANTITATIVE ASSUMPTIONS. *Annals of the New York Academy of Sciences* [online]. Oxford, UK: Blackwell Publishing, **110**(1), 113-140 [cit. 2024-04-28]. ISSN 0077-8923. Dostupné z: doi:10.1111/j.1749-6632.1963.tb17079.x
9. ÇAKMUR, Hülya, 2023. *Body Mass Index*. IntechOpen. ISBN 1-83768-336-0.
10. CARLYON, R. G., R. W. BRYANT, C. J. GORE a R. E. WALKER, 1998. Apparatus for precision calibration of skinfold calipers. *American journal of human biology* [online]. New York: Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company, **10**(6), 689-697 [cit. 2024-05-

- 01]. ISSN 1042-0533. Dostupné z: doi:10.1002/(SICI)1520-6300(1998)10:6689::AID-AJHB13.0.CO;2-C
11. COHN, S H a R M PARR, 1985. Nuclear-based techniques for the in vivo study of human body composition. *Clinical physics and physiological measurement* [online]. IOP Publishing, **6**(4), 275-301 [cit. 2024-05-01]. ISSN 0143-0815. Dostupné z: doi:10.1088/0143-0815/6/4/001
  12. COHN, S H, C S DOMBROWSKI, H R PATE a J S ROBERTSON, 1969. A whole-body counter with an invariant response to radionuclide distribution and body size. *Physics in medicine & biology* [online]. England: IOP Publishing, **14**(4), 645-658 [cit. 2024-04-28]. ISSN 0031-9155. Dostupné z: doi:10.1088/0031-9155/14/4/006
  13. COHN, S. H a C. S DOMBROWSKI, 1971. Measurement of Total-Body Calcium, Sodium Chlorine, Nitrogen, and Phosphorus in Man by In vivo Neutron Activation Analysis. *The Journal of nuclear medicine (1978)* [online]. United States: Soc Nuclear Med, **12**(7), 499 [cit. 2024-04-28]. ISSN 0161-5505.
  14. COMIZIO, Renee, Angelo PIETROBELLI, Yan Xiu TAN, Zimian WANG, Robert T. WITHERS, Steven B. HEYMSFIELD a Carol N. BOOZER, 1998. Total body lipid and triglyceride response to energy deficit: relevance to body composition models. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* [online]. 1998-05-01, **274**(5), E860-E866 [cit. 2024-04-30]. ISSN 0193-1849. Dostupné z: doi:10.1152/ajpendo.1998.274.5.E860
  15. ELLIS, Kenneth J., 1990. Reference man and woman more fully characterized. *Biological Trace Element Research* [online]. **26-27**(1), 385-400 [cit. 2024-05-12]. ISSN 0163-4984. Dostupné z: doi:10.1007/BF02992693
  16. ENEVOLDSEN, Lotte H., Lene SIMONSEN, Bente STALLKNECHT, Henrik GALBO a Jens BÜLOW, 2001. In vivo human lipolytic activity in preperitoneal and subdivisions of subcutaneous abdominal adipose tissue. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* [online]. 2001-11-01, **281**(5), E1110-E1114 [cit. 2024-04-30]. ISSN 0193-1849. Dostupné z: doi:10.1152/ajpendo.2001.281.5.E1110
  17. FORBES, Gilbert B., James GALLUP a John B. HURSH, 1961. Estimation of Total Body Fat from Potassium-40 Content. *Science (American Association for the Advancement of Science)* [online]. United States: American Association for the Advancement of Science, **133**(3446), 101-102 [cit. 2024-05-01]. ISSN 0036-8075. Dostupné z: doi:10.1126/science.133.3446.101
  18. GENTON, Laurence, Didier HANS, Ursula G KYLE a Claude PICHARD, 2002. Dual-Energy X-ray absorptiometry and body composition: differences between devices and comparison with reference methods. *Nutrition* [online]. New York, NY: Elsevier, **18**(1), 66-70 [cit. 2024-05-12]. ISSN 0899-9007. Dostupné z: doi:10.1016/S0899-9007(01)00700-6
  19. GRIER, Tyson, Michelle CANHAM-CHERVAK, Marilyn SHARP a Bruce H JONES, 2015. Does body mass index misclassify physically active young men. *Preventive medicine reports* [online]. United States: Elsevier, **2**(C), 483-487 [cit. 2024-05-08]. ISSN 2211-3355. Dostupné z: doi:10.1016/j.pmedr.2015.06.003

20. GURR, Michael I., John L. HARWOOD a Keith N. FRAYN, 2002. *Lipid biochemistry*. 5th ed. Oxford: Blackwell Science, xvi, 320 s. ISBN 0-632-05409-3.
21. HAGEN-ANSERT, Sandra L., 2001. *Textbook of diagnostic ultrasonography. Vol. 2*. 5th ed. St. Louis: Mosby, xviii, 587 - 1040 s., I-50. ISBN 0-323-01009-1.
22. HAVLÍČKOVÁ, Ladislava, 2008. *Fyziologie tělesné zátěže I.: obecná část*. 5 dotisk 2. vyd. Praha: Univerzita Karlova. ISBN 978-80-7184-875-2.
23. HEINRICH, Katie M., Nattinee JITNARIN, Richard R. SUMINSKI, et al., 2008. Obesity classification in military personnel: A comparison of body fat, waist circumference, and body mass index measurements. *Military medicine* [online]. England: Oxford University Press, **173**(1), 67-73 [cit. 2024-05-08]. ISSN 0026-4075. Dostupné z: doi:10.7205/MILMED.173.1.67
24. HEWITT, G.B., R.T. WITHERS, A.G. BROOKS, G.F. WOODS a L.A. DAY, 2002. Improved rig for dynamically calibrating skinfold calipers: Comparison between Harpenden and Slim Guide instruments. *American journal of human biology* [online]. New York: Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company, **14**(6), 721-727 [cit. 2024-05-01]. ISSN 1042-0533. Dostupné z: doi:10.1002/ajhb.10087
25. HEYMSFIELD, Steven, 2005. *Human body composition*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics, xii, 523 s. ISBN 0736046550.
26. HOFFER, E C, C K MEADOR a D C SIMPSON, 1969. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *Journal of Applied Physiology* [online]. **27**(4), 531-534 [cit. 2024-05-01]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1969.27.4.531
27. CHETTLE, D R a J H FREMLIN, 1984. Techniques of in vivo neutron activation analysis. *Physics in medicine & biology* [online]. Bristol: IOP Publishing, **29**(9), 1011-1043 [cit. 2024-05-01]. ISSN 0031-9155. Dostupné z: doi:10.1088/0031-9155/29/9/001
28. IHLE, Rayan a Anne B LOUCKS, 2004. Dose-Response Relationships Between Energy Availability and Bone Turnover in Young Exercising Women. *Journal of bone and mineral research* [online]. Washington, DC: John Wiley and Sons and The American Society for Bone and Mineral Research (ASBMR), **19**(8), 1231-1240 [cit. 2024-05-09]. ISSN 0884-0431. Dostupné z: doi:10.1359/JBMR.040410
29. *Instruction Manual: Body Composition Analyzer MC-780MA*, 2018. TANITA, JAPAN.
30. KÁBA, Bohumil a Libuše SVATOŠOVÁ, 2012. *Statistické nástroje ekonomického výzkumu*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-359-9.
31. KEESEY, Richard E. a Terry L. POWLEY, 2008. Body energy homeostasis. *Appetite* [online]. **51**(3), 442-445 [cit. 2024-05-09]. ISSN 01956663. Dostupné z: doi:10.1016/j.appet.2008.06.009
32. KULWICH, Roman, Louis FEINSTEIN a Ernest C. ANDERSON, 1958. Correlation of Potassium-40 Concentration and Fat-Free Lean Content of Hams. *Science (American Association for the Advancement of Science)* [online]. United States: American Association for the Advancement of Science, **127**(3294), 338-339 [cit. 2024-05-01]. ISSN 0036-8075. Dostupné z: doi:10.1126/science.127.3294.338.b

33. KUTÁČ, Petr, 2009. *Základy kinantropometrie: (pro studující obor Tv a sport)*. Ostrava: Pedagogická fakulta Ostravské univerzity v Ostravě, katedra tělesné výchovy, 87 s. ISBN 978-80-7368-726-7.
34. KVIST, H, B CHOWDHURY, U GRANGÅRD, U TYLÉN a L SJÖSTRÖM, 1988. Total and visceral adipose-tissue volumes derived from measurements with computed tomography in adult men and women: predictive equations. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **48**(6), 1351-1361 [cit. 2024-05-13]. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/48.6.1351
35. LOHMAN, T G, 1986. Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exercise and sport sciences reviews* [online]. United States, **14**, 325-357 [cit. 2024-04-30]. ISSN 0091-6331.
36. LOHMAN, T. G., 1981. Skinfolds and Body Density and Their Relation to Body Fatness: A Review. *Human biology* [online]. United States: Wayne State University Press, **53**(2), 181-225 [cit. 2024-04-28]. ISSN 0018-7143.
37. MARRIOTT, Bernadette M. a Judith. GRUMSTRUP-SCOTT, 1992. *Body composition and physical performance applications for the military services*. Washington, DC: National Academy Press, xiv, 356 p. ISBN 1-280-21187-3.
38. MIKKOLA, Ilona, Sirkka KEINÄNEN-KIUKAANNIEMI, Jari JOKELAINEN, Ari PEITSO, Pirjo HÄRKÖNEN, Markku TIMONEN a Tiina IKÄHEIMO, 2012. Aerobic performance and body composition changes during military service. *Scandinavian journal of primary health care* [online]. United States: Informa Healthcare, **30**(2), 95-100 [cit. 2024-05-02]. ISSN 0281-3432. Dostupné z: doi:10.3109/02813432.2012.649631
39. MOORE, Francis D., 1963. The Body Cell Mass and Its Supporting Environment; Body Composition in Health and Disease. *JAMA: the journal of the American Medical Association* [online]. American Medical Association [cit. 2024-04-28]. ISSN 0098-7484. Dostupné z: doi:10.1001/jama.1963.03710040167024
40. MOUNTJOY, Margo, Jorunn SUNDGOT-BORGEN, Louise BURKE, et al., 2014. The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad—Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *British Journal of Sports Medicine* [online]. **48**(7), 491-497 [cit. 2024-05-09]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjsports-2014-093502
41. NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ, 2019. *Přehled anatomie*. Čtvrté vydání. Praha: Galén, xi, 416. ISBN 978-80-7492-450-7.
42. ODE, Joshua J., James M. PIVARNIK, Mathew J. REEVES a Jeremy L. KNOUS, 2007. Body mass index as a predictor of percent fat in college athletes and nonathletes. *Medicine and science in sports and exercise* [online]. Hagerstown, MD: Lippincott Williams & Wilkins, **39**(3), 403-409 [cit. 2024-05-08]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1249/01.mss.0000247008.19127.3e
43. PIERCE, Joseph R., David W. DEGROOT, Tyson L. GRIER, Keith G. HAURET, Bradley C. NINDL, Whitfield B. EAST, Michael S. MCGURK a Bruce H. JONES, 2017. Body mass index predicts selected physical fitness attributes but is not associated with performance on military relevant tasks in U.S. Army Soldiers. *Journal of science and*



- medicine in sport* [online]. Australia: Elsevier, **20**(S4), S79-S84 [cit. 2024-04-28]. ISSN 1440-2440. Dostupné z: doi:10.1016/j.jsams.2017.08.021
44. PIETROBELLI, A., C. FORMICA, Z. WANG a S. B. HEYMSFIELD, 1996. Dual-energy X-ray absorptiometry body composition model: review of physical concepts. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* [online]. 1996-12-01, **271**(6), E941-E951 [cit. 2024-05-12]. ISSN 0193-1849. Dostupné z: doi:10.1152/ajpendo.1996.271.6.E941
  45. RAJI, Annaswamy, Ellen W SEELY, Ronald A ARKY a Donald C SIMONSON, 2001. Body fat distribution and insulin resistance in healthy Asian Indians and Caucasians. *The journal of clinical endocrinology and metabolism* [online]. Bethesda, MD: Endocrine Society, **86**(11), 5366-5371 [cit. 2024-04-28]. ISSN 0021-972X. Dostupné z: doi:10.1210/jc.86.11.5366
  46. RIEGEROVÁ, Jarmila, Marie ULBRICHOVÁ a Miroslava PŘIDALOVÁ, 2006. *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu: (příručka funkční antropologie)*. 3. vydání. Olomouc: Hanex, 262 s. ISBN 80-85783-52-5.
  47. ROKYTA, Richard, Jan FIALA a Irena TREFILOVÁ, 2000. *Fyziologie: pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV, 359 s. ISBN 80-85866-45-5.
  48. SHENG, HP a RA HUGGINS, 1979. A review of body composition studies with emphasis on total body water and fat. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **32**(3), 630-647 [cit. 2024-04-30]. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/32.3.630
  49. SCHULTZ, Stanley G., 2002. William Harvey and the Circulation of the Blood: The Birth of a Scientific Revolution and Modern Physiology. *Physiology* [online]. **17**(5), 175-180 [cit. 2024-05-08]. ISSN 1548-9213. Dostupné z: doi:10.1152/nips.01391.2002
  50. SCHWAN, Herman P. a Kam LI, 1953. Capacity and Conductivity of Body Tissues at Ultrahigh Frequencies. *Proceedings of the IRE* [online]. IEEE, **41**(12), 1735-1740 [cit. 2024-05-01]. ISSN 0096-8390. Dostupné z: doi:10.1109/JRPROC.1953.274358
  51. SNYDER, WS, 1975. *Report of the task group on reference man*. Oxford: Pergamon, 19, 480 s.
  52. SPEAKMAN, John R. a Colin SELMAN, 2003. Physical activity and resting metabolic rate. *Proceedings of the Nutrition Society* [online]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, **62**(3), 621-634 [cit. 2024-05-09]. ISSN 0029-6651. Dostupné z: doi:10.1079/PNS2003282
  53. SPRAWLS, Perry., 1995. *Physical principles of medical imaging*. 2nd ed. Madison: Medical Physics Pub, xv, 656 s. ISBN 0-944838-54-5.
  54. STEVENS, J, K P TRUESDALE, J E MCCLAIN a J CAI, 2006. The definition of weight maintenance. *International Journal of Obesity* [online]. **30**(3), 391-399 [cit. 2024-05-11]. ISSN 0307-0565. Dostupné z: doi:10.1038/sj.ijo.0803175

55. STRÁNSKÝ, Miroslav a Lydie PECHAN, 2010. *Fyziologie a patofyziologie výživy*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zdravotně sociální fakulta, 182 s. ; 30 cm. ISBN 978-80-7394-241-0.
56. SUTCLIFFE, J. F., A. H. SMITH, M. C. J. BARKER a M. A. SMITH, 1993. A theoretical analysis using ratios of the major elements measured by neutron activation analysis to derive total body water, protein, and fat. *Medical Physics* [online]. **20**(4), 1129-1134 [cit. 2024-04-28]. ISSN 0094-2405. Dostupné z: doi:10.1118/1.597009
57. TANITA, 2024. *Produktový popis zařízení MC-780MA* [online]. Dostupné také z: <https://tanita.eu/>
58. VERBALIS, Joseph G, 2003. Disorders of body water homeostasis. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism* [online]. Netherlands: Elsevier, **17**(4), 471-503 [cit. 2024-05-11]. ISSN 1521-690X. Dostupné z: doi:10.1016/S1521-690X(03)00049-6
59. VIGNEROVÁ, J., J. RIEDLOVÁ a P. BLÁHA, 2006. 6. celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže 2001. *Souhrnné výsledky. Praha : PřF UK v Praze ; SZÚ*.
60. VILIKUS, Zdeněk, 2020. *Výživa sportovců a sportovní výkon*. Třetí, přepracované vydání. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 219 s. ISBN 978-80-246-4455-4.
61. VRBA, Matěj, 2015. *Tělesný profil studentů Vojenského oboru při UK FTVS v Praze*. Praha. Bakalářská. FTVS UK.
62. WAJCHENBERG, Bernardo Léo, 2000. Subcutaneous and Visceral Adipose Tissue: Their Relation to the Metabolic Syndrome. *Endocrine Reviews* [online]. 2000-12-01, **21**(6), 697-738 [cit. 2024-04-30]. ISSN 0163-769X. Dostupné z: doi:10.1210/edrv.21.6.0415
63. WANG, Z., SB HEYMSFIELD a FX PI-SUNYER, 2008. *Body composition analysis: Cellular level modeling of body component ratios* [online].
64. WANG, ZM, RN PIERSON a SB HEYMSFIELD, 1992. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **56**(1), 19-28 [cit. 2024-04-28]. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/56.1.19
65. WHO, author., 2016. *World Health Organization 2016: monitoring health for the SDGs sustainable development goals*. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 1 online resource (131 pages). ISBN 92-4-069569-9.
66. WOODS, Amy L, Avish P SHARMA, Laura A GARVICAN-LEWIS, Philo U SAUNDERS, Anthony J RICE a Kevin G THOMPSON, 2017c. Four Weeks of Classical Altitude Training Increases Resting Metabolic Rate in Highly Trained Middle-Distance Runners. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism* [online]. United States, **27**(1), 83-90 [cit. 2024-05-09]. ISSN 1526-484X. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.2016-0116
67. WOODS, Amy L, Laura A GARVICAN-LEWIS, Anthony RICE a Kevin G THOMPSON, 2017b. 12 days of altitude exposure at 1800 m does not increase resting metabolic rate in elite rowers. *Applied physiology, nutrition, and metabolism* [online]. Canada: NRC

Research Press, **42**(6), 672-676 [cit. 2024-05-09]. ISSN 1715-5312. Dostupné z: doi:10.1139/apnm-2016-0693

68. WOODS, Amy L, Laura A GARVICAN-LEWIS, Bronwen LUNDY, Anthony J RICE a Kevin G THOMPSON, 2017a. New approaches to determine fatigue in elite athletes during intensified training: Resting metabolic rate and pacing profile. *PloS one* [online]. United States: Public Library of Science, **12**(3), e0173807-e0173807 [cit. 2024-05-09]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0173807
69. ZHU, Shankuan, Zimian WANG, Stanley HESHKA, Moonseong HEO, Myles S FAITH a Steven B HEYMSFIELD, 2002. Waist circumference and obesity-associated risk factors among whites in the third National Health and Nutrition Examination Survey: clinical action thresholds. *The American journal of clinical nutrition* [online]. Bethesda, MD: American Society for Clinical Nutrition, **76**(4), 743-749 [cit. 2024-04-28]. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/76.4.743
70. ZVÁROVÁ, Jana, 2016. *Základy statistiky pro biomedicínské obory*. 3. vydání. Praha: Karolinum. Biomedicínská statistika. ISBN 978-80-246-3416-6.
71. ZVONARĚ, Martin a Igor DUVAČ, 2011. *Antropomotorika pro magisterský program tělesná výchova a sport*. Brno: Masarykova univerzita, 231 s. ISBN 978-80-210-5380-9.

## 9. Seznam tabulek a obrázků

### TABULKY

Tabulka 1 - Kategorie tělesného složení dle hodnot BMI (WHO, 2016) .....	13
Tabulka 2 - Vícesložkové modely na pěti úrovních tělesného složení (Heymsfield, 2005)....	16
Tabulka 3 – Antropometrické údaje .....	33
Tabulka 4 - Popisná charakteristika sloučeného souboru .....	36
Tabulka 5 -Test normality rozdělení .....	37
Tabulka 6 - Popisná charakteristika BMI sloučeného souboru .....	38
Tabulka 7 - Výsledek t-testu pro BMI .....	38
Tabulka 8 - Popisná charakteristika tučné hmoty sloučeného souboru .....	39
Tabulka 9 - Výsledek t-testu pro tučnou hmotu .....	39
Tabulka 10 - Popisná charakteristika svalové hmoty sloučeného souboru .....	40
Tabulka 11 - Výsledek t-testu pro svalovou hmotu .....	40

### OBRÁZKY

Obrázek 1 - Rozdělení vody v lidském těle (Verbalis, 2003) .....	11
Obrázek 2 - Pětiúrovňový model tělesného složení (Wang, 1992).....	15
Obrázek 3 - Vztahy mezi složkami lipidů a tuku (Moore, 1963).....	18
Obrázek 4 - Princip fungování BIA (Heymsfield, 2005) .....	25
Obrázek 5 - Diagram průběhu měření .....	32
Obrázek 6 - Schematický náčrtek TANITA MC-980 (Instruction Manual, 2018).....	34
Obrázek 7 - Změna BMI 2015 vs. 2024 .....	38
Obrázek 8 - Změna tučné hmoty 2015 vs. 2024 .....	39
Obrázek 9 - Změna svalové hmoty 2015 vs. 2024 .....	40

## **Přílohy**

Příloha č. 1 – Formulář

Příloha č. 2 – Vzor informovaného souhlasu

Příloha č. 3 – Získaná data v roce 2015

Příloha č. 4 – Získaná data v roce 2024

Příloha č. 5 – Q-Q grafy z měření v roce 2024

Příloha č. 6 – Grafy z t-testu

## Příloha č. 1 – Formulář potvrzený Etickou komisí

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

### Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

**Název projektu:** Vliv silového tréninku na prediktory poranění dolních končetin po seskoku bez a s nesenou zátěží u vojenského personálu.

**Forma projektu:** výzkumná práce

**Období realizace:** březen 2023 - září 2025

Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR.

**Předkladatel:** Mgr. Vladan Oláh, UK FTVS, katedra vojenské tělovýchovy

**Hlavní řešitel:** Mgr. Vladan Oláh, UK FTVS, katedra vojenské tělovýchovy

**Školitel:** PhDr. Michal Vágnr, Ph.D., UK FTVS, katedra vojenské tělovýchovy

**Spoluřešitelé:** max. 3 studenti UK FTVS pod vedením Mgr. Vladana Oláha

**Místo výzkumu (pracoviště):** Katedra vojenské tělovýchovy, Katedra biomechaniky – Laboratoř biomechaniky extrémních zátěží a laboratoř tréninkové adaptace, Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy, Josef Martího 269/31 162 52 - Praha 6 – Vešelavín Česká republika

**Popis projektu:** Cílem projektu bude zjištění vlivu specifického silového cvičebního programu na prediktory poranění dolních končetin při provedení motorického testu seskoku z výšky a následného výskoku (50 a 75 cm) bez a s nesenou zátěží 20 kg (balistická vesta a batoh) v souvislosti s izokinetickou a maximální silou dolní poloviny těla.

Během testování budou sledovány tyto proměnné: tělesné složení (DXA), kinematika pohybu (markery nalepené na vybraných segmentech), dynamické síly (siloměrná deska), izokinetická síla flexorů/extenzorů kyčelního a kolenního kloubu, ad/abduktorů kyčelního kloubu a maximální síla dolních končetin pomocí jednoho opakovacího maxima v testech „dřep s olympijskou osou“.

Pro dosažení cíle navržené výzkumné práce bude testováno celkem 26 vojáků. Všichni (26 vojáků) budou používat stejnou nesenou zátěž (balistická vesta a batoh 20 kg) u vybraných testů.

Testování se skládá ze čtyř částí.

1. Zmapování stavu tělesného složení. Probandům bude odborným radiologickým asistentem určeno tělesné složení a denzita kostí pomocí metody DXA.
2. Testování maximální síly dolních končetin: 1 opakovací maximum „dřep s olympijskou osou“ v posilovně FTVS UK.
3. Měření svalového výkonu izokinetickou dynamometrií. Flexe a extenze kolenního a kyčelního kloubu; rotátorů, adduktorů a abduktorů kyčelního kloubu – hodnocena na izokinetickém dynamometru v laboratoři tréninkové adaptace (FTVS UK).
4. Kinetika a kinematika seskoku z výšky 50 a 75 cm – nalepení markerů. Každý proband bude sledován při provedení seskoku z výšky bez a s nesenou zátěží (balistická vesta a batoh 20 kg). Každý proband provede celkově 48 seskoků, a to 12 seskoků před intervencí, 12 seskoků po intervencí a po zkřížení skupin proběhne zbylých 24 před a po intervencí: 3 seskoky z výšky 50 cm bez nesené zátěže, 3 seskoky z výšky 50 cm s nesenou zátěží (balistická vesta a batoh 20 kg), 3 seskoky z výšky 75 cm bez nesené zátěže a 3 seskoky z výšky 75 cm s nesenou zátěží (balistická vesta a batoh 20 kg). Pro získání dat bude využita siloměrná deska a 3D optický systém (Vicon, Qualisys), které budou umístěny v laboratoři biomechaniky extrémních zátěží (FTVS UK).

Testování proběhne během tří testovacích dnů v pre-testu a tří testovacích dnů v post-testu, přičemž intervenční pohybový program proběhne v šesti týdnech.

1. den: zjištění stavu tělesného složení (20 minut); testování izokinetické síly (60 minut) a testování maximální síly pomocí jednoho opakovacího maxima „Dřep s olympijskou osou“ (30 min.) mezi testy proběhne odpočinek (30 min.),
- 2 den: volno, 3. den: proběhne motorický test seskoku z výšky z 50 a 75 cm bez a s nesenou zátěží (60 minut) mezi změnou výšky seskoku proběhne odpočinek (30 min.).

Probandi budou rozděleni do dvou skupin, kdy první z nich bude absolvovat šesti týdenní intervenční pohybový program, poté proběhne post-test, následně proběhne 8-týdenním „Wash out“, po kterém proběhne zkřížení skupin.

Cvičební program bude zaměřený na funkční a silové cviky zaměřující se na svaly kyčelního kloubu, dolních končetin a stabilizátorů kolen (běžně používané cviky již publikované zaměřené na skoky, doskoky, rovnováhu, přenášení a tažení zátěže a opakované zvihání kolen). Všichni probandi budou podrobně seznámeni s průběhem testování a bezpečnostními opatřeními během měření. Poté v případě, že budou souhlasit, tak podepíší před zahájením informovaný souhlas.

**Charakteristika účastníků výzkumu:** Předpokládaný počet účastníků bude 26 vojáků z Vojenského oboru při Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy ve věku 20-35 let s platnou zdravotní prohlídkou a absolvovaným periodickým ročním testováním z fyzické úrovně v resortu Ministerstva obrany. Všichni účastníci budou vojáci se zdravotní klasifikací „A“, pravidelně povinně absolvující fyzickou přípravu v resortu Ministerstva obrany. Vojáci se rozhodnou o účasti formou telefonického dotazování. Ti, kteří se nebudou chtít účastnit daného experimentu, nebudou nijak penalizováni. Do experimentu nemůže být zařazen nikdo trpící akutní nemocí, *závažnou poruchou srdečního rytmu, závažnou metabolickou poruchou, těžkou plicní hypertenzí, těžkým ortopedickým poškozením, těžkým neurologickým poškozením* či svalovým a jiným zraněním způsobujícím omezenou pohyblivost. Kontraindikací bude také jakékoliv svalové, kosterní či kloubní zranění z posledních třech měsíců a rekonvalescence po onemocnění či úrazu.

**Zajištění bezpečnosti:** Nejedná se o invazivní metodu. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Prováděné činnosti během testování a intervenčního programu jsou běžné činnosti, které testování probandi provádí během výkonu svého povolání profesionálního vojáka. Probandi budou poučeni o přesném popisu a provádění daných cviků řešitelem a v průběhu výzkumu budou pravidelně kontrolováni. Budou zajištěny adekvátní podmínky prostředí a adekvátní příprava účastníků k provádění aktivit v rámci daného výzkumu. Před každým měřením proběhne rozcvičení a poučení o průběhu měření a seznámovací testovací pokusy. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem (poučení, testovací pokusy, zodpovězení dotazů). Při zjišťování stavu tělesného složení a testování izokinetické síly budou probandi instruováni proškolenými odborníky na danou problematiku. Dále u testování maximální síly bude probandům upravena technika daného pohybového vzoru silovým a kondičním specialistou. Při motorickém testu seskoku z výšky (drop vertical jump) budou instruováni, aby seskočili a dopadli „měkce“ současně oběma nohama v kontaktu na dynamometrické desky umístěny vedle sebe a následně provedli výskok dle standardizovaného testu drop vertical jump. Budou seskakovat první ze 50 cm desky a poté ze 75 cm, tak aby byl dodržen metodicky správný postup. Rizikem při dopadu na dynamometrickou desku může být pád, dále distorze hlezenního kloubu. Dynamometrická deska bude srovnána s výškou okolního prostředí (zapuštěná do podlahy). Každý proband bude mít na nohou vojenskou obuv, která zpevňuje hlezenní kloub, u seskoků budou přítomni asistenti, kteří v případě pádu podají dopomoc a bude také přítomen lékařský dozor a odsuvové vozidlo.

**Etické aspekty výzkumu:** Účast ve studii je dobrovolná, výběr a oslovení probandů bude proveden zcela nezávislou osobou (Mgr. Dan Omčirk – katedra biomedicínského základu v kineantropologii). Studentům bude explicitně vysvětleno, že mohou kdykoli z výzkumu odstoupit bez udání důvodu. Do procesu oslovování a rozhodování se o účasti ve výzkumu nebudou žádným způsobem zasahovat vyučující a nadřízení potenciálních účastníků.

Účastník může kdykoliv na vlastní žádost a bez udání důvodu odstoupit. Výzkumu se zúčastní pouze plnoletí muži bez zdravotních problémů *se zdravotní klasifikací „A“, pravidelně povinně absolvující fyzickou přípravu v resortu Ministerstva obrany.*

**Sřet zájmu:** Neexistuje žádná skutečnost ze strany řešitele, která by mohla ovlivnit objektivitu či integritu navrhovaného projektu. Já ani nikdo z výzkumného týmu nemáme soukromý zájem na výsledku výzkumu, výzkum nevede k mému osobnímu prospěchu ani k prospěchu žádného z účastníků výzkumu. Žádná ze zúčastněných stran nemá ekonomický ani jiný zisk v případě jakéhokoliv vypočteného výsledku a stanoveného závěru.

**Ochrana osobních dat:** Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje – jméno, věk, váha, výška, data získaná výše uvedenými metodami – které budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači. Budou k nim mít přístup řešitel a spoluřešitel.

Uvědomujeme si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby – budeme dbát na to, aby jednotlivé osoby nebyly rozpoznatelné v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou bezprostředně do 1 dne po testování anonymizována. Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v *kvalifikačních pracích* a v odborných časopisech, případně uložitých dat, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

Požizování fotografií/videí/audio nahrávek účastníků: Nebudou pořizovány žádné video ani audio záznamy.


Fotografie: Pro účely publikační činnosti budou pořizeny fotografie. Vybrané fotografie budou do 1 dne od pořízení anonymizovány začerněním obličeje a vyřazené budou ihned smazány. Anonymizované fotografie budou uchovány na heslem chráněném počítači v uzamčeném prostoru na katedře vojenské tělovýchovy FTVS UK. Přístup k nim bude mít pouze řešitel. Při pořizování fotografií budu v maximální míře dbát na to, aby na fotografiích nebyly osoby, které nejsou součástí výzkumu. Publikovány budou pouze anonymizované fotografie.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

**Text informovaného souhlasu (IS):** příložen

Povinnosti všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebeurčení, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně. Potvrzuji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne: 18. 2. 2023

Podpis předkladatele: 

Datum a podpis odpovědného pracovníka z místa výzkumu:

### Vyjádření Etické komise UK FTVS

**Složení komise: Předsedkyně:** doc. PhDr. Irena Parry Martínková, Ph.D.

**Členové:** prof. MUDr. Jan Heller, CSc.

prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

Mgr. Tomáš Ruda, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 281/2022

dne: 2.2.2023

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a **neshledala rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro provádění výzkumu zahrnujícího lidské účastníky.

**Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise UK FTVS.**

UNIVERZITA KARLOVA  
Fakulta tělesné výchovy a sportu  
razítko UK FTVS  
José Martího 31, 162 52, Praha 6

  
podpis předsedkyně EK UK FTVS



## Příloha č. 2 – Vzor informovaného souhlasu

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

### INFORMOVANÝ SOUHLAS k žádosti 281/2022

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (*jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicíně č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné*), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí/účastí ve výzkumném projektu na UK FTVS s názvem „*Vliv silového tréninku na prediktory poranění dolních končetin po seskoku bez a s nesenou zátěží u vojenského personálu*“, prováděné na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy, Josef Martího 269/31 162 52 - Praha 6 – Vešelavín Česká republika v laboratoři biomechaniky extrémních zátěží.

Projekt bude probíhat v období: březen 2023 - září 2025

Cílem projektu bude zjištění vlivu specifického silového cvičebního programu na prediktory poranění dolních končetin při provedení motorického testu seskoku z výšky a následného výskoku (50 a 75 cm) bez a s nesenou zátěží 20 kg (balistická vesta a batoh) v souvislosti s izokinetickou a maximální silou dolní poloviny těla.

Během testování budou sledovány tyto proměnné: tělesné složení (DXA), kinematika pohybu (markery nalepené na vybraných segmentech), dynamické síly (siloměrná deska, Kistler), izokinetická síla flexorů/extenzorů kyčelního a kolenního kloubu, ad/abduktorů kyčelního kloubu a maximální síla dolních končetin pomocí jednoho opakovacího maxima v testech „dřep s olympijskou osou“.

Pro dosažení cíle navržené výzkumné práce bude testováno celkem 26 vojáků. Všichni (26 vojáků) budete používat stejnou nesenou zátěž (balistická vesta a batoh 20 kg) u vybraných testů.

Testování se skládá ze čtyř částí.

1. Zmapování stavu tělesného složení a denzity kostí bude pod odborným radiologickým dohledem za pomoci metody DXA.
2. Testování maximální síly dolních končetin: 1 opakovací maximum „dřep s olympijskou osou“ v posilovně FTVS UK.
3. Měření svalového výkonu izokinetickou dynamometrií. Flexe a extenze kolenního a kyčelního kloubu; rotátorů, adduktorů a abduktorů kyčelního kloubu – hodnocena na izokinetickém dynamometru v laboratoři tréninkové adaptace (FTVS UK).
4. Kinetika a kinematika seskoku z výšky 50 a 75 cm – nalepení markerů. Každý proband bude sledován při provedení seskoku z výšky bez a s nesenou zátěží (balistická vesta a batoh 20 kg). Každý proband provede celkově 48 seskoků, a to 12 seskoků před intervencí, 12 seskoků po intervenci a po zkřížení skupin proběhne zbylých 24 před a po intervenci:  
3 seskoky z výšky 50 cm bez nesené zátěže, 3 seskoky z výšky 50 cm s nesenou zátěží (balistická vesta a batoh 20 kg),  
3 seskoky z výšky 75 cm bez nesené zátěže a 3 seskoky z výšky 75 cm s nesenou zátěží (balistická vesta a batoh 20 kg). Pro získání dat bude využita siloměrná deska a 3D optický systém (Vicon, Qualisys), které budou umístěny v laboratoři biomechaniky extrémních zátěží (FTVS UK).

Budete rozděleni do dvou skupin, kdy první z nich bude absolvovat šesti týdenní intervenční pohybový program, poté proběhne post-test, následně proběhne 8-týdenním „Wash out“, po kterém dojde ke zkřížení skupin.

Cvičební program bude zaměřený na funkční a silové cviky zaměřující se na svaly kyčelního kloubu, dolních končetin a stabilizátorů kolen (běžně používané cviky již publikované zaměřené na skoky, doskoky, rovnováhu, přenášení a tažení zátěže a opakované zdvihání kolen).

UNIVERZITA KARLOVA

FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

José Martího 31, 162 52 Praha 6-Veleslavín

Hmotnost zátěže bude individualizována na základě vašeho IOM, zátěžové parametry budou nastaveny na hypertrofii a maximální sílu s lineárním zvyšováním zátěže. Cvičební jednotka bude vedena pod dozorem. Cílem výzkumu není potvrzení nebo zamítnutí konkrétně navrženého cvičebního programu, ale zda cvičení bude mít u vaší vybrané skupiny souvislost se změnou kinematiky a dynamickými silami při seskoku z výšky a následném výskoku.

Testování proběhne během tří testovacích dnů v pre-testu a tří testovacích dnů v post-testu, přičemž intervenční pohybový program proběhne v šesti týdnech.

1. den: zmapování stavu tělesného složení testování (10 minut), izokinetické síly (60 minut) a testování maximální síly pomocí jednoho opakovacího maxima „Dřep s olympijskou osou“ (30 min.) mezi testy proběhne odpočinek (30 min.), 2. den: volno, 3. den: proběhne motorický test seskoku z výšky 50 a 75 cm bez a s nesenou zátěží (60 minut) mezi změnou výšky seskoku proběhne odpočinek (30 min.).

Při zjišťování stavu tělesného složení a testování izokinetické síly budete instruováni proškolenými odborníky na danou problematiku. Dále u testování maximální síly vám bude upravena technika daného pohybového vzoru silovým a kondičním specialistou. Při motorickém testu seskoku z výšky (drop vertical jump) budete instruováni, abyste seskočili a dopadli „měkce“ současně oběma nohama v kontaktu na dynamometrické desky, které budou umístěny vedle sebe a následně provedli výskok dle standardizovaného testu drop vertical jump. Budete seskakovat prvně ze 50 cm desky a poté ze 75 cm, tak aby byl dodržen metodicky správný postup. Rizikem při dopadu na dynamometrickou desku může být pád, dále distorze hlezenního kloubu. Dynamometrická deska bude srovnána s výškou okolního prostředí (zapuštění do podlahy). Budete mít na nohou vojenskou obuv, která zpevňuje hlezenní kloub, u seskoků budou přítomni asistenti, kteří v případě pádu podají dopomoc a bude také přítomen lékařský dozor a odsunové vozidlo.

Projektu se nemohou účastnit osoby, které nemají platnou zdravotní prohlídkou. Všichni účastníci budou vojáci se zdravotní klasifikací „A“, pravidelně absolvující fyzickou přípravu v resortu Ministerstva obrany. Do experimentu nemůžete být zařazen, pokud trpíte akutní nemocí, *závažnou poruchou srdečního rytmu, závažnou metabolickou poruchou, těžkou plicní hypertenzí, těžkým ortopedickým poškozením, těžkým neurologickým poškozením* či svalovým a jiným zraněním způsobujícím omezenou pohyblivost. Kontraindikací je také jakékoliv svalové, kosterní či kloubní zranění z posledních třech měsíců a rekonvalescence po onemocnění či úrazu.

Všichni probandi jsou seznámeni s technikou provedení seskoku z výšky 50 cm a 75 cm, provedení dřepu s olympijskou osou, a s nesenou zátěží (balistická vesta a batoh 20 kg). Měření bude probíhat v prostorách v laboratoři biomechaniky extrémních zátěží. Před každým měřením budou probandi dostatečně rozcvičeni a poučeni o technickém postupu včetně zácviku. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. *Kontraindikací je akutní onemocnění, závažné poruchy srdečního rytmu, závažné metabolické poruchy, těžká plicní hypertenze, těžká ortopedická poškození, těžká neurologická poškození nebo předchozí svalové, kosterní nebo kloubní zranění v předešlých 3 měsících.* Vaše účast v projektu nebude finančně ohodnocena.

Výsledky zveřejněné v rámci vědeckých publikací budou zveřejněny ve vědeckých časopisech, které se zabývají problematikou biomechaniky pohybu člověka, pohybovými programy nebo silovým tréninkem.

Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2018/879 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje – jméno, věk, váha, výška, data získaná výše uvedenými metodami - budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači. Budou k nim mít přístup řešitel. Uvědomujeme si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby – budu dbát na to, aby jednotlivé osoby nebyly rozpoznatelné v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou bezprostředně do 1 dne po testování anonymizována. Získaná data budou zpracovávána a bezpečně uchována v anonymní podobě a publikována v kvalifikačních pracích, odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Po anonymizaci budou osobní data smazána.

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

Pořizování fotografií/videí/audio nahrávek účastníků: Nebudou pořizovány žádné video ani audio záznamy.

Fotografie: Pro účely publikační činnosti budou pořízeny fotografie. Vybrané fotografie budou do 1 dne od pořízení anonymizovány začerněním obličeje a vyřazené budou ihned smazány. Anonymizované fotografie budou uchovány na heslem chráněném počítači v uzamčeném prostoru na katedře vojenské tělovýchovy FTVS UK. Přístup k nim bude mít pouze řešitel a spoluřešitel. Při pořizování fotografií budu v maximální míře dbát na to, aby na fotografiích nebyly osoby, které nejsou součástí výzkumu. Publikovány budou pouze anonymizované fotografie.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektu: Mgr. Vladan Oláh

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení: Mgr. Vladan Oláh Podpis:.....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. **Potvrzuji, že mám platnou zdravotní prohlídku s hodnocením stupně A (nejvyšší stupeň zdravotní prohlídky v Armádě České republiky).** Byl jsem poučen o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu. Dále potvrzuji, že mi byl předán jeden originál vyhotovení tohoto informovaného souhlasu.

Místo, datum .....

Jméno a příjmení účastníka ..... Podpis: .....

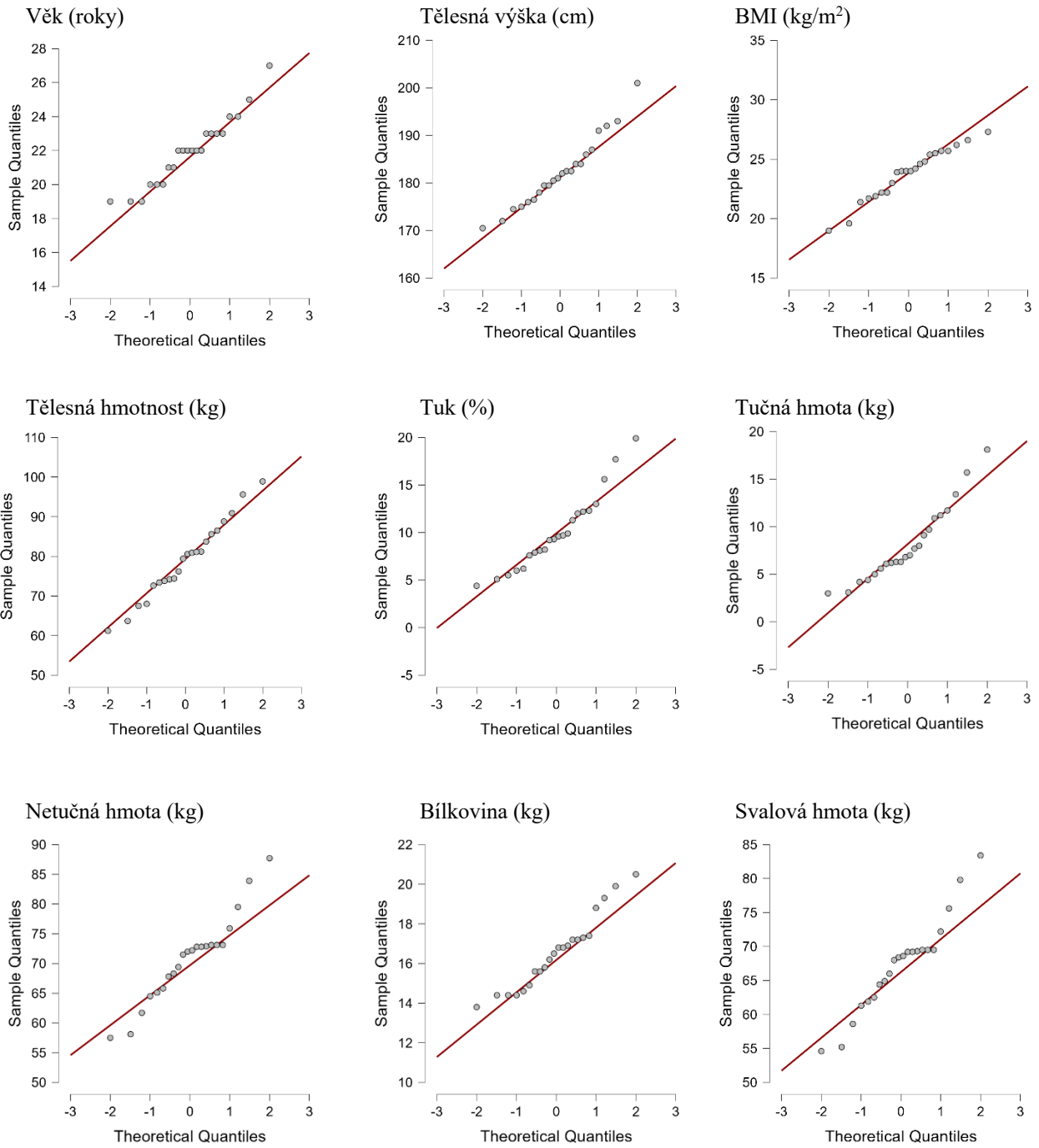
Příloha č. 3 – Získaná data v roce 2015

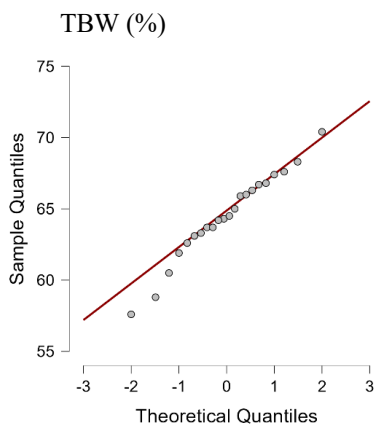
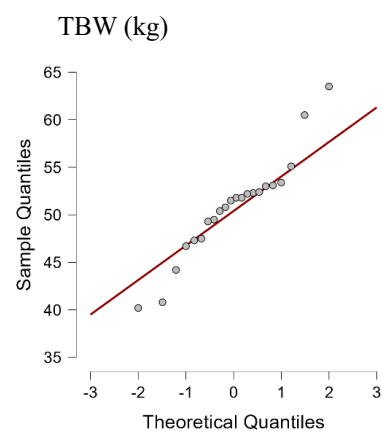
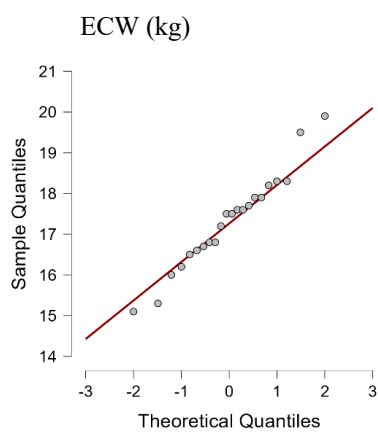
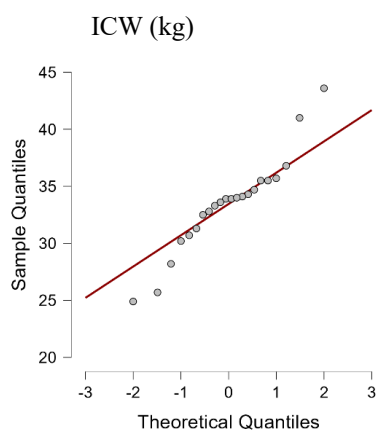
	Věk	Tělesná hmotnost (kg)	Tělesná výška (cm)	BMI (kg/m)	Tuk (%)	Tučná hmota (kg)	Netučná hmota (kg)	Bílkovina (kg)	Svalová hmota (kg)	ICW (kg)	ECW (kg)	TBW (kg)	TBW (%)
Proband 1	19	81,2	191,6	22,3	5	4,1	77,1	18,3	73,3	37,2	17,8	55	67,7
Proband 2	20	82,3	180,2	25,4	12	9,9	72,3	16,5	68,7	34,6	17,6	52,2	63,5
Proband 3	21	77,5	173,6	25,9	8,9	6,9	70,6	15,1	67,1	34,7	17,3	52	67,1
Proband 4	20	72,8	181,4	22,2	6,5	4,7	68,1	16,4	64,7	31,6	16,7	48,3	66,3
Proband 5	19	89,6	185,2	26,2	5,8	5,2	84,4	16	80,3	45,6	18,7	64,3	71,8
Proband 6	22	80,9	186,2	23,4	15,4	12,4	68,4	16,8	65	30,9	17,3	48,2	59,7
Proband 7	22	87,3	186,2	25,2	11,8	10,3	77	17,7	73,2	37,1	18,4	55,5	63,6
Proband 8	23	90	186	26	9,4	8,5	81,5	18,2	77,5	40,4	18,9	59,3	65,9
Proband 9	20	86	185,8	24,9	9,4	8,1	77,9	18,1	74,1	37,7	18,3	56	65,1
Proband 10	22	73,9	178,7	23,3	4,9	3,7	71,5	15,5	68	35,3	17,2	52,5	69,8
Proband 11	23	73,1	174,7	24,1	6	4,4	68,7	15,1	65,3	33,3	16,9	50,2	68,7
Proband 12	21	70,3	184	20,8	4,1	2,9	67,4	16,4	64,1	31,3	16,4	47,7	67,9
Proband 13	23	74,5	181,7	22,7	4,4	3,3	71,2	15,2	67,7	35,2	17,3	52,5	70,5
Proband 14	23	73,3	175,8	23,9	6,3	4,6	68,7	15,2	65,3	33,3	16,8	50,1	68,3
Proband 15	26	73,6	180,1	22,7	10,1	7,4	66,2	15,8	62,9	30,5	16,6	47,1	64
Proband 16	28	72,3	169,2	25,3	11,2	8,1	64,2	14	61	30,6	16,4	47	65
Proband 17	29	73,2	174	24,2	11	8,1	65,2	13,9	62	29,9	18,2	48,1	65,6
Proband 18	25	71,6	178,6	22,6	9,8	7	64,6	15,1	61,4	29,8	16,5	46,3	64,7
Proband 19	25	75,4	183,4	22,5	7,5	5,7	69,7	16,6	66,3	32,7	17	49,7	65,9
Proband 20	24	80,3	183,6	24	10,6	8,5	71,8	17	68,3	33,8	17,5	51,3	63,9
Proband 21	23	72,3	178	22,8	4,3	3,1	69,2	13,7	65,8	35,1	17	52,1	72,1
Proband 22	25	61,6	166,3	22,4	8,8	5,4	56,2	12,8	53,4	25,5	15,1	40,6	65,9

Příloha č. 4 – Získaná data v roce 2024

	Věk	Tělesná hmotnost (kg)	Tělesná výška (cm)	BMI (kg/m)	Tuk (%)	Tučná hmota (kg)	Netučná hmota (kg)	Bílkovina (kg)	Svalová hmota (kg)	ICW (kg)	ECW (kg)	TBW (kg)	TBW (%)
Proband 1	20	76,2	182	23	5,5	4,2	72	16,9	68,4	34,3	17,2	51,5	67,6
Proband 2	21	83,7	187	23,9	13	10,9	72,8	17,4	69,2	33,9	17,9	51,8	61,9
Proband 3	21	73,4	172	24,8	7,6	5,6	67,8	14,9	64,4	32,8	16,7	49,5	67,4
Proband 4	20	81,2	184	24	12	9,7	71,5	17,2	68	33,3	17,5	50,8	62,6
Proband 5	23	80,6	178	25,4	9,6	7,7	72,9	16,2	69,3	35,5	17,6	53,1	65,9
Proband 6	24	80,9	192	21,9	6,2	5	75,9	18,8	72,2	35,7	17,7	53,4	66
Proband 7	23	72,6	181	22,2	9,3	6,8	65,8	15,8	62,5	30,2	16,5	46,7	64,3
Proband 8	23	74,2	170,5	25,5	12,3	9,1	65,1	14,6	61,9	30,7	16,6	47,3	63,7
Proband 9	19	63,7	180,5	19,6	9,7	6,2	57,5	14,4	54,6	24,9	15,3	40,2	63,1
Proband 10	19	68	175	22,2	9,2	6,3	61,7	14,4	58,6	28,2	16	44,2	65
Proband 11	20	85,6	182,5	25,7	15,6	13,4	72,2	16,8	68,6	33,9	17,9	51,8	60,5
Proband 12	19	95,6	191	26,2	12,2	11,7	83,9	19,3	79,8	41	19,5	60,5	63,3
Proband 13	27	61,2	179,5	19	5,1	3,1	58,1	14,4	55,2	25,7	15,1	40,8	66,7
Proband 14	22	86,5	201	21,4	8,1	7	79,5	20,5	75,6	36,8	18,3	55,1	63,7
Proband 15	22	74,4	176	24	8,2	6,1	68,3	15,6	64,9	32,5	16,8	49,3	66,3
Proband 16	22	81,1	184	24	9,9	8	73,1	17,2	69,5	34,7	17,6	52,3	64,5
Proband 17	22	90,9	182,5	27,3	19,9	18,1	72,8	16,8	69,2	34,1	18,3	52,4	57,6
Proband 18	24	67,5	176,5	21,7	4,4	3	64,5	13,8	61,3	31,3	16,2	47,5	70,4
Proband 19	23	73,8	174,5	24,2	6	4,4	69,4	15,6	66	33,6	16,8	50,4	68,3
Proband 20	22	79,4	179,5	24,6	7,9	6,3	73,1	16,5	69,5	35,5	17,5	53	66,8
Proband 21	22	88,8	186	25,7	17,7	15,7	73,1	17,3	69,5	34	18,2	52,2	58,8
Proband 22	25	98,9	193	26,6	11,3	11,2	87,7	19,9	83,4	43,6	19,9	63,5	64,2

Příloha č. 5 – Q-Q grafy z měření v roce 2024





Příloha č. 6 – Grafy z t-testu

