



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta
Katedra biologie

Bakalářská práce

Vliv chladové expozice na tělesné charakteristiky dospělých

Štěpánka Anderlová
Vedoucí práce: RNDr. Martina Hrušková, PhD.

České Budějovice 2021

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum:

Podpis studenta:

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala RNDr. Martině Hruškové, Ph.D. za pomoc, vstřícnost, cenné rady a odborné vedení po celou dobu mé bakalářské práce. Poděkování patří také RNDr. Tomáši Ditrichovi, Ph.D. za pomoc se zpracováním praktické části. Dále děkuji studentům PF za ochotu, spolupráci a trpělivost při výzkumu.

ABSTRAKT

Anderlová Š., 2021: **Vliv chladové expozice na tělesné charakteristiky dospělých.**
Bakalářská práce. Pedagogická fakulta Jihočeské Univerzity. České Budějovice. 56 s.

Bakalářská práce je zaměřena na chování hnědé tukové tkáně (BAT), je-li aktivována chladovou expozicí. V této tkáni poté probíhá netřesová termogeneze, při níž se vytváří teplo. Z tohoto důvodu se nabízí možnost aktivovat BAT studenou sprchou, při níž dojde k dané termogenezi, a sledovat dopad na změnu tělesných charakteristik dospělého člověka. Výzkumu otužování se zúčastnilo 48 studentů ve věku 19–26 let, kteří se sprchovali studenou vodou několikrát týdně. Jedna skupina se otužovala 11 měsíců, druhá tři měsíce. Jejich tělesné složení bylo měřeno přístrojem Bodystat a kožní řasy na čtyřech místech těla pomocí kaliperu, a to vždy na začátku a na konci výzkumu. Naměřená data byla zpracována a vyhodnocena. Důležitý výsledek nalezneme u experimentálních skupin, kde s přibývajícím počtem otužování docházelo k nárůstu tukové tkáně i přesto, že výsledek není statisticky průkazný.

Klíčová slova: chladová expozice, hnědá tuková tkáň, netřesová termogeneze, kožní řasy, tělesné složení

ABSTRACT

Anderlová Š., 2021: **An effect of cold showers on physical characteristics of adults.**
Bachelor thesis. Faculty of Education, University of South Bohemia in Ceske Budejovice.
56 p.

The bachelor thesis is focused on the behavior of brown adipose tissue (BAT) when activated by cold exposure. Non-shaking thermogenesis then takes place in this tissue, during which heat is generated. For this reason, it is possible to activate BAT with a cold shower, during which a given thermogenesis takes place, and to monitor the impact on the change in the physical characteristics of an adult. The cold showers research involved 48 students aged 19–26 who took a shower with cold water several times a week. One group was taking cold showers for 11 months, the other for three months. Their body composition was measured with a Bodystat device and skin folds was measured at four parts of the body using a caliper, always at the beginning and at the end of the research. The measured data were processed and evaluated. An important result can be found in experimental groups, where with increasing number of cold showers there was an increase in adipose tissue, even though the result is not statistically significant.

Key words: cold exposure, brown adipose tissue, non-shaking thermogenesis, skin folds, body composition

OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED	2
2.1	Otužování.....	2
2.1.1	Historický přehled	2
2.1.2	Pravidla při otužování	2
2.1.3	Otužování studenou vodou.....	3
2.1.4	Otužování vzduchem	3
2.1.5	Kryoterapie.....	4
2.2	Změny tělesné teploty při pobytu v chladné vodě	5
2.3	Regulace tělesné teploty	6
2.3.1	Mechanismy snižování tělesné teploty	6
2.3.2	Mechanismy zvyšování tělesné teploty	7
2.4	Zdravotní rizika při ochlazení organismu.....	8
2.4.1	Hypotermie.....	8
2.4.2	Diving reflex	9
2.4.3	Respirační trakt.....	9
2.4.4	Vliv na pohybový aparát	9
2.5	Reakce organismu na chlad	10
2.5.1	Chladová adaptace	10
2.6	Expozice chladu	11
2.7	Termogeneze.....	11
2.8	Tuková tkáň	12
2.8.1	Typy tukových tkání.....	12
2.8.2	Fyziologie a význam BAT	13

2.8.3	Výzkumy tělesných charakteristik, tělesného složení a chladu	15
2.9	Tělesné složení.....	18
2.10	Metody pro stanovení tělesného složení.....	19
2.10.1	Měření tloušťky kožních řas.....	19
2.10.2	Bioelektrická impedanční analýza (BIA).....	22
3	METODIKA	24
3.1	Popis výzkumného vzorku.....	24
3.2	Charakteristika vzorku	24
3.3	Zjišťování somatických rozměrů	26
3.4	Měření tukové složky kaliperací a přístrojem Bodystat	29
3.5	Statistické hodnocení dat	31
4	VÝSLEDKY	32
5	DISKUZE	49
5.1	Využití výsledků kvalifikační práce v pedagogické praxi	50
6	ZÁVĚR.....	51
7	SEZNAM LITERATURY.....	53

1 ÚVOD

Dnešní doba je doba mnoha možností. A možnosti znamenají nabídku. Moderní člověk se nechce nechat o nic připravit, a proto je touží využít. Moderní pokrok nejen dobře slouží, ale také člověka motivuje ke stále větším výkonům v profesním i soukromém životě. Ke slovu se dostávají i negativní dopady naší hektické postmoderní doby jako např. stres. Ovšem staré známé přísloví praví: „Ve zdravém těle zdravý duch.“ Proto se dnes lidé více zaměřují na to, jak si zdraví uchovat.

Jedním ze způsobů, jak si udržovat svoje zdraví, je pravidelné otužování. V této době je velmi populární napříč věkem. Otužování slouží jako prevence proti chřipce a nachlazení. Dochází i ke stažení a opětovnému roztažení cév, čímž se udržuje jejich průchodnost. Předchází se tak problémům s krevním tlakem. Otužování má také pozitivní účinky na duševní stav a náladu člověka.

Cílem této práce je vysledovat vliv chladové expozice na tělesné charakteristiky dospělých jedinců.

Výzkumné otázky

1. Má otužování sprchováním chladnou vodou vliv na zastoupení tukové tkáně?
2. Má otužování sprchováním chladnou vodou vliv na tloušťku kožních řas?
3. Má otužování sprchováním chladnou vodou vliv na ostatní tělesné charakteristiky?

Práce byla zadána jako součást širšího projektu (vedení projektu RNDr. Tomáš Ditrich, PhD.) ve vazbě na práci studentky Anny Bürgerové, Mgr. Marie Ostré, Mgr. Nikolý Schwachové a Mgr. Renaty Bednaříkové.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Otužování

Otužování je proces, jehož výsledkem má být organismus schopný správně reagovat na zevní prostředí a jeho výkyvy. V naší zeměpisné poloze máme na mysli změny teploty a slunečního záření (Zeman, 2006). Otužilý člověk je schopný beze škody zvládat změny počasí i prostředí a v neposlední řadě se vypořádat s nepříznivými podmínkami. Jedná se i o upevnění charakterových a morálních vlastností. Otužilý organismus je z lékařského pohledu preventivním prostředkem před vznikem chorob, případně lehkého průběhu a brzkého odeznění nemocí (Patočka, 1965).

2.1.1 Historický přehled

Člověk byl otužován přírodou od samého počátku. Zjistil, že otužováním dostává jisté výhody. Už ve starověku se setkáme se Sokratem, o kterém Diogenes Laertský píše, že chodil bos po celý rok a byl velmi otužilý. Nesmíme opomenout léčební metodu německého kněze Kneippa. Metoda se zakládá na otužování při pobytu v přírodě za pomoci studené vody. Procházení se v ranní rose nebo ve studené vodě se dochovalo pod názvem knajpování. Novátorem otužování se stal lidový léčitel Vincenz Priessnitz (1799-1851) pocházející z Moravy, který byl přezdíván vodní lékař, přestože se lékařem nestal. Nechal postavit léčebný ústav v lázních Jeseník a byl považován za zakladatele moderního způsobu vodoléčby. Dodnes se po něm používá mokrý obklad pokrytý suchou látkou. Čeští lékaři se také zabývali odolností vůči chladu. K. Chodounský napsal knihu Nastuzení a choroby z nastuzení v roce 1906. Další lékař L. Syllaba Nastuzení a význam otužování z roku 1921 (Zeman, 2006).

2.1.2 Pravidla při otužování

Každému bez rozdílu věku prospívá otužování, ale je nutné dodržovat několik zásadních pokynů. Děti a starší lidé by se měli otužovat mírněji. (Komárek, 2000). Postupnost – začínáme lehkými otužovacími prostředky (voda, vzduch). Postupem času zvyšujeme jejich intenzitu a dobu působení. Soustavnost – otužování by mělo probíhat

minimálně měsíc v určité pravidelnosti s ohledem na zdravotní stav každého člověka. Pokud osoba po určité době s otužováním skončí, její vybudovaná otužilost klesá a bude zpět na začátku cesty. Otužování může probíhat v jakémkoliv ročním období, jen je důležité správně vybrat vhodný prostředek (Tintěra & Kvapilík, 1985).

2.1.3 Otužování studenou vodou

Otužování vodou je mnohem efektivnější než otužování vzduchem, protože voda má více jak dvacetinásobnou vodivost tepla než vzduch (Tintěra & Kvapilík, 1985). Tedy při styku těla s vodou je odváděno mnohem více tepla (Komárek, 2000). V přírodě vodu nejlépe využijeme na podzim, kdy teplota postupně klesá. Doma se teplota vody a doba působení může regulovat podle naší volby. Účinným typem je sprchování nebo polévání, méně účinné je pak potírání mokrým ručníkem, což ale z počátku postačí (Tintěra & Kvapilík, 1985). Nejvíce účinná je koupel v potoce nebo v řece. Naopak se nedoporučuje napustit si studenou vanu. Při takové teplotě by tělo bez pohybu prochladlo. Doba otužování se doporučuje 1 až 2 minuty při sprchování a 3 až 4 minuty při potírání (Komárek, 2000). Při polévání studenou vodou se kombinuje silné dráždění tepelných receptorů při neznatelných ztrátách tepla, a tím se liší od procedur se studenou sprchou, které silně ochlazují pokožku. Při pravidelném polévání nebo pravidelných krátkodobých koupelích ve studené vodě je přesným indikátorem ke skončení procedur chvíle, kdy se naměří normální tepová frekvence jako u zdravého člověka (Svitkovskaja, 2009). Svitkovskaja (2009) také doporučuje procedury polévání provádět venku, nikoli doma ve stoje pod sprchou či ve vaně.

2.1.4 Otužování vzduchem

Vzduchem se můžeme otužovat kdykoliv a kdekoliv (Štaifová, 1989). Jedná se o nejjednodušší formu, při které nemůžeme teplotu ovlivnit. Ideální čas pro začátek otužování je na konci léta, kdy se teplota vzduchu pomalu snižuje. Nejlépe je spojit pobyt i pohyb na čerstvém vzduchu s co největší plochou odkrytého těla (Tintěra & Kvapilík, 1985). Specifická forma je vzdušná lázeň, při které působí vzduch na celé tělo nebo na převážnou část těla. Pokud je během chladného počasí zvýšená vlhkost a proudění vzduchu, mohou nastat omrzliny (Komárek, 2000).

Stejná teplota při různé vlhkosti je člověkem vnímána jinak. Při vysoké vlhkosti vzduchu a vysoké teplotě těla dochází k rychlejšímu přehřátí organismu než při mírnější vlhkosti vzduchu. Při sportování nebo jiné fyzické zátěži za těchto okolních podmínek se přehřátí organismu dostaví velmi rychle. Nejdůležitější je, aby se vlivem tepla nezrychloval tep. U nízkých teplot s vysokou vlhkostí dochází k proniknutí vlhka pod oděv a máme pocit vlezlé zimy (Svitkovskaja, 2009).

Organismus si uchovává tzv. teplotní komfort při teplotě vzduchu 22–28 °C, kdy se neprojevují značné nároky na tvorbu a výdej tepla (Štaifová, 1989).

Tělo ve studené vodě ztrácí mnohem více tělesného tepla než při stejné teplotě na vzduchu (Zeman, 2006). Proto při pobytu na chladném vzduchu dochází k menšímu nebezpečí prochladnutí než ve vodě o stejné teplotě (Štaifová, 1989). Ztrátu tepla může zvýšit i chladný vítr nebo vlhkost vzduchu, pocitová teplota může být výrazně nižší (Zeman, 2006).

Vlhký vzduch snáší člověk nejlépe, když není teplota ani příliš nízká, ani příliš vysoká. Čím je vlhkost vzduchu vyšší, tím méně se odpařuje pot jako regulátor teploty organismu. Při teplotě 21 °C a 40% relativní vlhkosti vzduchu má člověk nejlepší subjektivní pocit (Štaifová, 1989).

2.1.5 Kryoterapie

Kryoterapie je moderní léčebná metoda za pomoci extrémně nízkých teplot zhruba - 120 °C až -150 °C, které působí krátkou chvíli na organismus. Pomocí suchého mrazu dochází ke stimulaci celého těla, kterému se říká celková kryoterapie a probíhá v kryokomoře (Kryoterapie, 2020).

Člověk je v kryokomoře oblečený do krátkých kalhot a trička, podkolének, rukavic, dále má čelenku, ústní roušku a na nohou dřeváky. Doporučuje se mělké dýchání. Studený vzduch v plicích nabývá na větším objemu. Druhý způsob je lokální kryoterapie, která se využívá v dermatologii, chirurgii a urologii (Zeman, 2006).

Celková kryoterapie probíhá ve 2–3 minutách při nízkých teplotách s následnou aerobní aktivitou. Působení nízké teploty na receptory chladu s následným ohřátím celého

povrchu těla způsobí intenzivní prokrvení kůže, podkoží a svalového aparátu. Taktéž dochází k produkci prospěšných látek působících účinně proti zánětům a bolestivosti. V kryosauně je mnohem nižší vlhkost než venku v zimním prostředí. Chlad je pouze povrchový a neprojde dovnitř těla, například do močového měchýře (Matoušek, 2021).

Účinnost kryoterapie spočívá v tom, že dráždí termoregulační systém organismu. Tělo postupně přichází do styku s kryogenním plynem a termoregulační systém se uchýlí k silné negativní reakci (hypotermický stres), pod jejímž vlivem se v organismu uskutečňují pozitivní reakce, jež napomáhají celkovému uzdravení. Kryoterapeutické procedury jsou bezpečné, pokud trvají maximálně sto osmdesát vteřin, a jsou zakázané při přecitlivělosti na chladivý faktor nebo při nemocech periferních cév (Svitkovskaja, 2009).

Dinka et al., (2008) uvádí indikace, při kterých je léčení v kryokomoře žádoucí:

- chronické onemocnění kloubů
- záněty cév
- poruchy imunity
- psoriázy
- migréna
- astma
- celulitida

Další onemocnění, které lze vyléčit kryoterapií, jsou ekzémy, alergie, popáleniny, úrazy. Podařilo se snížit i velmi vysokou horečku nebo práh bolesti při poškození měkkých tkání (Svitkovskaja, 2009).

2.2 Změny tělesné teploty při pobytu v chladné vodě

Setrvání v chladné vodě má pro člověka zřejmý význam ve výdeji tělesného tepla. Nelze udržet pozitivní tepelnou bilanci organismu na delší dobu s teplotou vody nižší než 10 °C (Zeman, 2006).

Ve vodě o teplotě 4 °C stály osoby 6 minut. Rektální teplota klesla o 0,6 °C, po 15 minutách od ukončení chladové expozice teplota těla klesla ještě o 0,4 °C. Po 30 minutách

tělesná teplota mírně stoupla, ale nedosáhla ani na teplotu, která byla naměřena po vystoupení z vody. Termoregulační pochody organismu se uplatňují při pobytu v klidu ve studené vodě. Pochody jsou spojené s periferní vazokonstrikcí (zúžení cév) a posunem krve z kůže a podkoží. Při pohybu jsou rušeny vazodilatací ve svalstvu, která je pro jeho činnost důležitá. Z toho vyplývá vyšší tepelný výdej při pohybu ve studené vodě. Zároveň působí fyzikální vlivy cirkulace vody okolo těla plavce. Následně proběhne rozcvičení a prokrvení periferie. Proudící krev předá teplo, tím se ochladí a výsledkem je opět pokles tělesné teploty. Proto dochází ke snížení teploty i po skončení chladové expozice (Zeman, 2006).

Voda o teplotě 18 °C udává hranici, pod kterou klesá teplota těla rychleji při plavání než v klidu. Pod 18 °C je tedy lepší setrvat v klidu, bude tak docházet k nejmenší možné ztrátě tělesného tepla. Nad 18 °C je výhodnější pohyb ve vodě. K největším ztrátám tělesného tepla dochází na hlavě, partiích krku, oblasti kolem sternu, laterální ploše hrudníku a v tříslech (Zeman, 2006).

2.3 Regulace tělesné teploty

Za normálních okolností jsou výdej a tvorba tepla v rovnováze a udržují se v rozmezí teplotní pohody (35,8–37,0 °C). Po přestoupení hranic teplotní pohody nastupuje termoregulace. Teplota těla se udržuje zpětnovazebným mechanismem a je regulována centrálním orgánem hypothalamem (Rokyta et al., 2015). Funguje obdobně jako termostat. Dostává informace z periferních chladových a tepelných receptorů (termoreceptory) v kůži, dále z centrálních receptorů, které se nacházejí podél velkých cév, v páteřní míše a na přední části hypothalamu. V zadním hypothalamu se nachází vlastní termoregulační centrum. Vyhodnocuje informace a vydává odpovídající signály, které aktivují mechanismy nutné k udržení stálé tělesné teploty (Zeman, 2006).

2.3.1 Mechanismy snižování tělesné teploty

Snížená tvorba tepla nastává při snižování metabolismu, např. omezením tělesné činnosti nebo pocením. Vazodilatace (rozšíření cév) v kůži zvýší až osmkrát přestup tepla z jádra na povrch těla a dochází k většímu výdeji tepla. Ztráta tepla velice souvisí s okolními podmínkami organismu, jako je vlhkost, teplota a proudění vzduchu. Kromě toho ještě záleží

na izolaci těla (oblečení). Výdej tepla se může uskutečnit různými prostředky (Rokyta et al., 2015):

- **Odpařování** – Jediný možný způsob, jak snížit tělesnou teplotu, pokud je okolní teplota vyšší. Odpařuje se pot vyloučený na kůži a svou přeměnou na páru odebírá určité množství tepla. Pod kůží ochlazená krev proudí hlouběji. Záleží i na okolní vlhkosti vzduchu (při 90% vlhkosti se pot neodpařuje). Není možné regulovat odpařování za účelem udržování tělesné teploty. Tento neúčinnější způsob má 22% podíl na snížení teploty těla (Rokyta et al., 2015).
- **Sáláním** – Teplo odejde formou paprsků, které odcházejí všemi směry. Tyto infračervené paprsky vyzařují všechny předměty, které mají vyšší teplotu než 0 °C. Z organismu se teplo vydává zářením, pokud je tělesná teplota vyšší než okolní. Touto formou odchází teplota z těla nejvíce, a to 60 % (Rokyta et al., 2015).
- **Vedením** – Molekuly těla předávají teplo okolním předmětům, s kterými jsou v blízkém kontaktu (židle). Vedením odchází z těla malé množství tepla – 3 % (Rokyta et al., 2015).
- **Prouděním** – Teplo se nejprve odvede do vrstvičky vzduchu kolem těla a pak se prouděním vymění ohřátý vzduch za studený. Při větru má větší účinnost – 15 % (Rokyta et al., 2015).

2.3.2 Mechanismy zvyšování tělesné teploty

Vazokonstrikce (zúžení cév) zmenší výdej tepla z jádra do kůže, a tím také úbytek tepla skrze kůži. Tvorba tepla probíhá hlavně v tělním jádru, zejména v játrech, protože mají velmi aktivní metabolismus, a také ve svalech. Teplo se tvoří zpravidla jako vedlejší produkt při metabolických dějích. Může se však vytvářet i cíleně, a to zvýšením metabolismu účinkem metabolických hormonů nebo činností svalů. Zvýšení tvorby tepla vzniká těmito způsoby (Rokyta et al., 2015):

- **Zvětšenou svalovou činností** – Nejdříve se zvýší svalový tonus (člověk ztuhne) a pak začne svalový třes. Ten je vyvolán nekoordinovanými stahy svalových snopců, proto nevzniká pohyb. Tyto děje jsou ovládány motorickými centry. Novorozenci nemají tento systém ještě zralý, tudíž u nich převládá netřesová termogeneze (Rokyta et al., 2015).

- Chemická (netřesová) termogeneze – Noradrenalin a adrenalin, který proudí v krvi, zvyšuje metabolismus buněk (Rokyta et al., 2015).
- Zvětšeným výdejem tyroxinu – Zvýšený výdej tyroxinu při vystavení organismu chladu stimuluje buněčný metabolismus a vzniká více odpadního tepla. Jedná se o adaptační mechanismus, neboť produkce tyroxinu ve štítné žláze se nezvýší okamžitě po ochlazení organismu, ale až po několikátýdenní expozici (Rokyta et al., 2015).

2.4 Zdravotní rizika při ochlazení organismu

U netrévaného člověka mohou po náhlém ponoření do studené vody nastat zdravotní problémy. Mezi ně patří zástava srdce, křeče a spazma v krční oblasti (Svitkovskaja, 2009). Při sportování v chladu není vhodné oblékat se příliš teple, neboť tak dochází k následnému pocení a prochladnutí. Propocení oděv ztrácí izolační funkci (Zeman, 2006).

2.4.1 Hypotermie

Jedním ze zdravotních rizik je hypotermie. Dochází při ní ke snížení teploty těla, přičemž ztráty tepla nemohou být vyrovnány jeho tvorbou (Trojan et al., 2003). Dochází tak ke snížení tělesné teploty pod 35 °C. Hypotermie se dělí na tři stupně podle závažnosti. Mírná hypotermie se objevuje při naměření tělesné teploty 32 °C. Organismus se sám dokáže zahřát pomocí třesu, konzumací teplých nápojů a pobytu v teplé místnosti. Při hodnotách tělesné teploty 30–32 °C mluvíme o střední hypotermii. Zde vznikají poruchy srdce od lehčích případů, jako je brachykardie a poruchy srdečního rytmu, až po závažnější tachykardii a fibrilaci komor. Těžká hypotermie nastane při teplotě nižší než 30 °C a je doprovázena poruchami srdečního rytmu a poklesem krevního tlaku. Uvedené poruchy vedou k zadržení CO₂ a k metabolické acidóze. Začíná apatie a zmatenost. Člověk může upadnout do bezvědomí, nutná je hospitalizace a intenzivní léčba. Hypothalamus začíná ztrácet schopnost regulovat tělesnou teplotu pod 34 °C, ve 29 °C už je organismus mimo kontrolu hypothalamu. Při poklesu tělesné teploty na 24–25 °C nastává smrt (Zeman, 2006).

2.4.2 Diving reflex

Extrémním případem reakce organismu na studenou vodu, zejména při ponoření obličeje do ledové vody, je diving reflex. Jedná se o náhlou reflexní zástavu srdeční činnosti, tzv. vagovou smrt. Aferentní (dostředivá) část začíná podrážděním termoreceptorů kůže obličeje, podílí se i aferentace při ztíženém venozním (žilním) návratu při apnoe (nekontrolovatelném zadržení dechu), zvýšený arteriální tlak a intrathorakální receptory při zvýšení nitrohruďního tlaku. Eferentní (odstředivá) část obstarává bloudivý nerv, který tlumí tvorbu vzruchů v sinusovém uzlu. Tento reflex se vyskytuje jak u netrénovaných osob, tak i trénovaných sportovců různých disciplín. Srdeční poruchy se mohou vyskytnout i u otužovaných osob (Zeman, 2006).

2.4.3 Respirační trakt

Chladný vzduch z okolí se při cestě respiračním traktem ohřívá na teplotu blízkou tělesné, a to dokonce i při venkovní teplotě $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. U sportovce dýchajícího výhradně ústy může při fyzické aktivitě dojít k poškození horních cest dýchacích. Teplota tracheální sliznice klesá až o $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Stimulují se receptory a reflexně dojde k bronchokonstrikci. Sliznice se následně snaží zahřát na původní teplotu a dochází k dalšímu zúžení cév. Velmi chladný vzduch přivodí pokles dechové frekvence a sníží objem dechu. Při krátké fyzické zátěži v chladném prostředí se u astmatiků objevuje kašel, sípání, dušnost a tlak na hrudi. Během jedné hodiny tyto příznaky bez pomoci odezní. Tento syndrom se nazývá pozátěžový bronchospasmus a vyskytuje se u rychlobruslařů, krasobruslařů, hokejistů, fotbalistů a mnoha dalších sportovců (Zeman, 2006).

2.4.4 Vliv na pohybový aparát

Křeče se mohou objevit u každého plavce. Náchylnost k jejich vzniku dochází intenzivním pohybem, který zatěžuje dolní končetiny v chladné vodě. Nejčastěji se objevují na trojhlavém svalu lýtky. Prevencí je postupný trénink, adaptace na studenější vodu a omezení prudkých pohybů. Nekoordinovaný pohyb prochládlého svalu způsobí jeho rupturu (Zeman, 2006).

2.5 Reakce organismu na chlad

Organismus odpovídá na chladové podněty dvěma základními způsoby – snížením ztráty tepla pomocí periferní vazokonstrikce a tvorbou tepla termogenezí (Zeman, 2006).

Reakce organismu na působení chladu se odvíjí od velikosti plochy kůže, na kterou chlad působí. Různé reakce lze předpokládat při působení vody o určité teplotě na kůži na různých částech těla s menší či větší citlivostí. To, co snese kůže na ruku nebo na nohu, mnohem hůře snáší břišní partie. Odpověď organismu na působení chladné vody záleží i na očekávanosti nebo opakovaném působení (Štaifová, 1989).

První reakcí organismu na chlad bývá zpravidla vazokonstrikce neboli zúžení cév. Zasahuje kůži, podkoží i neaktivní svaly. Až 85 % celkové izolace organismu může být zapříčiněno zúžením cév v nepracujících svalech. Proto také ve studené vodě člověk ztratí více tepla v klidu než při plavání. Vazodilatace se objevuje v extrémním chladu. Jedná se o obvyklou aklimatizaci např. u Eskymáků. Zvýšené prokrvení má benefit v odporu proti omrzlinám a v zabezpečení důležité funkce rukou v chladu (Zeman, 2006).

2.5.1 Chladová adaptace

Reakce organismu na chladové podněty, které se opakují, nazýváme adaptační změny. Mohou se projevit zesílenou vrstvou podkožního tuku (izolační typ), změnami hormonálních parametrů (metabolický typ) nebo poklesem tělesné teploty při chladové expozici (hypotermický typ). Na začátku adaptačních změn se projevuje habituací neboli přivykáním. Tomu rozumíme jako zmenšení reakcí nebo citlivosti po opakovaném chladovém podnětu. Je dokázáno, že tím stoupá odolnost organismu proti tzv. nemocem z nachlazení (Zeman, 2006).

Pokud trvá adaptace na chlad delší dobu, dochází zpravidla ke zvětšení vrstvy podkožního tuku. Podkožní tuk slouží jako dočasná ochrana proti chladu, protože má malou tepelnou vodivost a relativně nízkou vaskularizaci. Smithův nomogram uvádí u osob se 4 % podkožního tuku kritickou teplotu vody 35 °C. U osob s 20 % tuku dokonce 32 °C. Jeden milimetr tukové tkáně nechá snášet o jeden až dva °C chladnější vodu. Podkožní vrstva tuku

není hlavní ochranný faktor u člověka v extrémním chladu i přes její nízkou tepelnou vodivost, chudou vaskularizaci a nízký metabolismus (Zeman, 2006).

2.6 Expozice chladu

Chlad působící na organismus může zapříčinit smrt. Z tohoto důvodu byly lidem jako savcům dány evoluční vývojové výhody, které umožňují přežít hlavně chladná období (Cannon & Negergaard, 2004).

Existují dva mechanismy, které přeměňují energii na teplo. Na základě délky působení chladové expozice na organismus se objevují dva procesy. Akutní chladový stres vyžaduje zvýšení metabolismu čtyřnásobně oproti bazálnímu metabolismu. Třes je očekávanou hlavní reakcí jako náhrada při zvýšené ztrátě tepla, a dochází tak ke třesoucí termogenezi. U chronického chladu se využívají mechanismy v hnědé tukové tkáni, která je součástí netřesové termogeneze. Během působení chladové expozice se netřesová termogeneze (množství odpojovacího proteinu v hnědé tukové tkáni) postupně zvyšuje a potřeba třesu se naopak průběžně snižuje. Přechod těchto dvou typů termogeneze trvá několik týdnů (Cannon & Negergaard, 2014).

2.7 Termogeneze

Termogeneze je děj, při kterém organismus začne ve značné míře produkovat teplo. Dělí se na dva typy: třesovou a netřesovou. Třesovou termogenezi můžeme označit jako svalovou činnost, která se využívá k okamžitému zvýšení tělesné teploty především povrchových částí těla. V důsledku toho klesá na tělesném povrchu izolační kvalita a tepelné ztráty se zvětšují. To platí, především pokud je neoblečený člověk vystavený extrémnímu chladu (Zeman, 2006).

Druhým typem je netřesová termogeneze, která zvyšuje produkci tepla metabolicky a je nejdokonalejším mechanismem chladové adaptace (Zeman, 2006). Poskytuje teplo organismu hlavně během chladného období. Musí dojít k aktivaci hnědé tukové tkáně, aby mohla být producentem tepla. Po podráždění chladových receptorů v kůži dojde k vyplavení noradrenalinu a adrenalinu ze sympatických nervů do krevního toku, což má za následek

zvýšení metabolismu. Tyto neurotransmitery se vážou na adrenergní receptory a spouští signální kaskády. Dochází k odbourávání tuků a glykogenu, zvyšuje se tepová frekvence a koncentrace glukózy v krvi (Nedergaard, Bengtsson & Cannon, 2007).

U dospělého člověka se předpokládalo, že netřesová termogeneze neexistuje z důvodu zakrnělé hnědé tukové tkáně. Až při použití pozitronové emisní tomografie (PET) k detekci rakovinových metastáz byla tato myšlenka vyvrácena, protože se přítomnost malých ložisek BAT potvrdila i v dospělosti (Paidisetty & Blodgett, 2009).

2.8 Tuková tkáň

Jedná se o speciální druh vaziva, ve kterém převládají tukové buňky (adipocyty), které jsou rozprostřeny po celém těle a mohou být označeny za největší orgán v lidském těle. U mužů s průměrnou váhou představují 15–20 % tělesné hmotnosti, u žen s průměrnou váhou 20–25 %. Tuková tkáň je největší zásobárnou energie ve formě triacylglycerolů. Mají nižší hustotu než glykogeny, ale obsahují více kalorií. Podle zbarvení rozeznáváme dva typy tukových tkání. Bílá tuková tkáň neboli unilokulární a hnědá tuková tkáň neboli multilokulární. Oba tyto typy mají bohaté cévní zásobení (Junqueira, Carneiro & Kelley, 1997). Liší se ale svojí funkcí, umístěním v organismu, morfologickou stavbou i regulací. Jejich společný původ je z mesenchymálních kmenových buněk (Park, Kim & Bae, 2014).

2.8.1 Typy tukových tkání

Bílá tuková tkáň (white adipose tissue, WAT) představuje pro organismus hlavní zásobárnu energie. Je složena z buněk, které nesou v cytoplazmě jednu velkou, středově uloženou tukovou vakuolu a malé množství mitochondrií (Carpentier et al., 2018). Barva tkáně se mění od bílé, až po tmavožlutou. V těle dospělého člověka je většina tukové tkáně tohoto typu. Její tvar je buď kulovitý, nebo polyedrický, pokud jsou buňky nahuštěny u sebe. Lipidy, které jsou uloženy v tukových buňkách, jsou především triacylglyceroly, tj. estery mastných kyselin a glycerolu (Junqueira et al., 1997).

Hnědá tuková tkáň (brown adipose tissue, BAT) slouží k výrobě tepla v reakci na vystavení chladu (netřesová termogeneze) (Paidisetty & Blodgett, 2009). Obsahuje více tukových vakuol než WAT. Pokud dojde k jejich stimulaci, přeměňují skladovou chemickou

energii na teplo (Junquetra et al., 1997). Kromě malých lipidových kapének obsahuje i hnědé mitochondrie s kristami a středově uložené kulovité jádro. Multilokulární adipocyty jsou polygonálního tvaru, jsou menší než unilokulární a jsou přímo inervovány sympatikem (Junqueira et al., 1997). Kvůli bohatému cévnímu a nervovému zásobení připomíná spíše endokrinní žlázu (Konrádová, Uhlík & Vajner, 2000). U novorozenců může BAT tvořit až 5 % jejich tělesné hmotnosti (Junqueira et al., 1997). Kojenci si vytvářejí doplňkové tělesné teplo, které je pro ně životně důležité (Paidisetty & Blodgett, 2009). U čerstvě narozených dětí BAT nacházíme u ledvin a mezi lopatkami. Později během vývoje ubývá (Konrádová et al., 2000).

2.8.2 Fyziologie a význam BAT

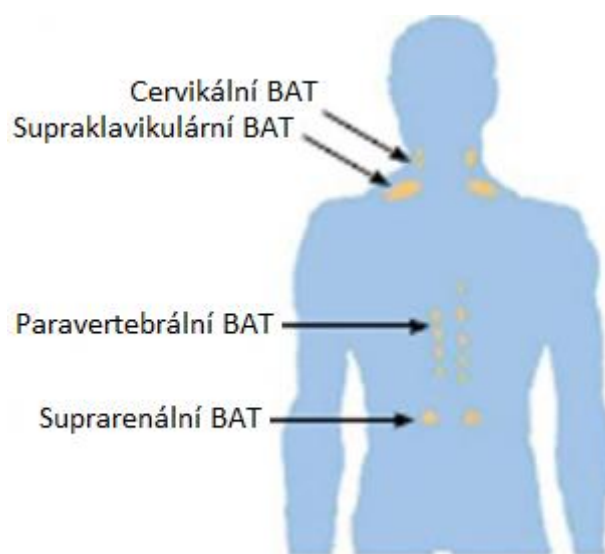
Při vystavení chladu je do hnědé tukové tkáně uvolňován norepinefrin za pomoci nervových podnětů. Tento neurotransmitter aktivuje hormon senzitivní lipázu, která je přítomná v tukových buňkách a podněcuje tak hydrolyzu triacylglycerolů na mastné kyseliny a glycerol. Tím se zvětšuje konzumace kyslíku a uvolňování tepla, teplota tkáně narůstá a ohřívá se i krev, která jí prochází. Zvyšování teploty tkáně je způsobeno mitochondriemi (Junqueira et al., 1997).

Charakteristickým znakem BAT je vytváření velkého množství odpojovacího proteinu 1 (uncoupling protein 1, UCP 1). UCP1 se vyskytuje ve vnitřní membráně mitochondrií BAT a odpojuje mitochondriální dýchání od syntézy adenosin-5'-trifosfátu (ATP). Pokud se aktivuje, způsobí únik, jenž rozptýlí elektrochemický protonový gradient. Ten se hromadí přes vnitřní mitochondriální membránu při oxidaci BAT mastnými kyselinami. (UCP1 je tedy aktivováno mastnými kyselinami s dlouhým řetězcem). Tento elektrochemický protonový gradient řídí přeměnu adenosin-5'-difosfátu (ADP) na ATP pomocí ATP syntázy. V důsledku toho přítomnost aktivního UCP1 ruší zpomalení negativní zpětné vazby, která je vyvolaná vysokou hladinou ATP anebo nízkou hladinou ADP na mitochondriální Krebsův cyklus a dýchání. To vede k vysoké rychlosti oxidace mastných kyselin, která produkuje teplo přímo (Canpertien et al., 2018). Zahřátá krev proudí organismem, který je ohříván, a zároveň odnáší mastné kyseliny metabolizované v tukové tkáni, aby se využily v jiných orgánech (Junqueira et al., 1997). Díky významnému množství aktivních proteinů UCP1 je tedy BAT jediným orgánem, který může doslova „spalovat“ tuky

(Canpertien et al., 2018). Buňky BAT v depozitech (místech s vysokou koncentrací) nazýváme béžové adipocyty. Tyto buňky histologicky představují mezifázový fenotyp mezi klasickými bílými adipocyty a hnědými adipocyty (Canpertien et al., 2018).

Umístění hnědé tukové tkáně u dospělého člověka (Obr. 1) (Park et al., 2014):

- Krční oblast (cervikální)
- Oblast nad klíční kostí (supraklavikulární)
- V hrudníku (paravertebrální)
- Nadledvinná oblast (suprarenální)



Obr. 1. Místa hnědé tukové tkáně (Park et al., 2014).

Skupina vědců zkoumala aktivaci BAT chladem u 24 zdravých mužů, při termoneutrálních podmínkách (22 °C) a při mírném vystavení chladu (16 °C). 10 z nich bylo v normě (BMI < 25) a 14 obézních nebo s nadváhou (BMI > 25). BMI je rovno podílu tělesné hmotnosti [kg] ku tělesné výšce² [m]. Předpokládaná aktivace BAT byla stanovena pomocí integrované pozitronové emisní tomografie F-fluorodeoxyglukózy a počítačové tomografie. Výdej energie a složení těla bylo měřeno pomocí rentgenové absorpciometrie. Výsledkem bylo zjištění aktivace BAT u 96 % mužů (23 jedinců) během vystavení chladu, ale ne za termoneutrálních podmínek. Aktivace BAT byla vyšší u jedinců v normě (p = 0,01) než u obézních a subjektů s nadváhou. BMI a procento tělesného tuku měly negativní korelaci s BAT, zatímco klidová rychlost metabolismu byla pozitivně korelující. Závěrem je, že procento mladých mužů s BAT je vysoké, ale její aktivace je snižena u subjektů

s nadváhou a obezitou. BAT může být metabolicky důležitá a navzdory skutečnosti, že její aktivace je snížena, je i přesto přítomná u většiny jedinců s nadváhou, a to z ní může učinit cíl léčby obezity (Lichtenbelt et al., 2009).

2.8.3 Výzkumy tělesných charakteristik, tělesného složení a chladu

Cuttell, Hammond, Langdon a Costello (2007) provedli studii, kde zkoumali účinky celotělové kryoterapie (whole body cryotherapy, WBC) na rozdílnost pohlaví a složení těla. Na tento výzkum se dobrovolně přihlásilo 18 zdravých jedinců (10 mužů a 8 žen) s věkem 27 ± 6 let. Na různých částech těla se zaznamenávala teplota (jádro, bubínek, kůže a průměrná teplota těla) srdeční frekvence, krevní tlak a tepelný komfort před a po (okamžitě a každých 5 minut až 35 minut po) vystavení jednomu působení WBC. Dále se zaznamenaly antropometrické údaje – výška, hmotnost, index tělesné hmotnosti, povrch těla, tuková hmota a netuková hmota. Na začátku nebyly patrné žádné významné teplotní rozdíly (jádro, bubínek, kůže a průměrná teplota těla) v srdeční frekvenci, krevním tlaku nebo teplotním komfortu mezi muži a ženami. Ihned po WBC byla naměřena průměrná teplota těla u mužů $31,9 \pm 0,8$ °C a u žen $31,0 \pm 0,9$ °C. Průměrná teplota kůže u mužů byla $22,1 \pm 2,2$ °C u žen $19,6 \pm 2,8$ °C. Teplota byla mezi zástupci obou pohlaví odlišná. Další teplotní rozdíly se nacházely na regionální teplotě kůže, např. mužské stehno $20,8 \pm 1,1$ °C a ženské $16,7 \pm 1,1$ °C. Nižší teploty u žen byly naměřeny i na rameni a lýtku. Průměrný arteriální tlak se výrazně lišil v čase 0 minut — muži: 94 ± 10 mmHg, ženy: 85 ± 7 mmHg. Po 35 minutách muži: 88 ± 7 mmHg, ženy 80 ± 6 mmHg. Kombinovaný soubor dat ukázal silný negativní vztah mezi teplotou kůže a procentem tělesného tuku 35 minut po WBC a pro teplotu jádra a index tělesné hmotnosti bezprostředně po WBC pouze u mužů. V dalších proměnných nebyly zjištěny žádné významné rozdíly mezi pohlavími. Z výzkumu vyplývá, že v případě žen bylo zaznamenáno výraznější snížení teploty kůže než u mužů, protože ženy mají tendenci k větší izolační reakci na WBC. To je dáno větším průměrným množstvím tělesného tuku, který má dobré izolační vlastnosti. Muži naopak vykazovali průměrně menší množství tělesného tuku, tím pádem ztráceli více tělesné teploty prostřednictvím kůže, což způsobovalo její vyšší teplotu než u žen.

Výzkum, který zkoumal termogenezi vyvolanou za studena u štíhlých lidí a lidí s nadváhou nepřímo související s tělesnou hmotou a bazálním metabolickým množstvím,

prováděli Nahon et al. (2017). Zkoumali vztah mezi tělesným složením a klidovou rychlostí metabolismu u lidí při termoneutralitě a během ochlazování v rámci netřesové termogeneze, aby prozkoumali neoddelitelný vliv velikosti těla na metabolismus vystavený chladu. Výdej klidové energie a složení těla byly měřeny u 20 štíhlých mužů a 20 mužů s nadváhou při termoneutralitě a během individualizované expozici chladu. Metabolické rychlosti jako funkce teploty okolí byly zkoumány s ohledem na variabilitu složení a tělesné hmotnosti. Pozorovali převrácený vztah mezi velikostí těla a nižší kritickou teplotou (lower critical temperature, LCT), tj. prahová hodnota, kde končí termoneutralita a chlad aktivuje termogenezi. LCT byla u štíhlých lidí vyšší než u lidí s nadváhou ($22,1 \pm 0,6$ °C vs $19,5 \pm 0,5$ °C). Pod LCT byla minimální tepelná vodivost totožná u štíhlých a obézních (100 ± 4 vs 97 ± 3 kcal/°C/den). Jedinci s nadváhou měli vyšší bazální metabolismus (BMR) způsobený většinou vyšším množstvím tukuprosté hmoty a termogenezí vyvolanou větším chladem. Pod bodem termoneutrality se energetický výdej neřídil množstvím tukuprosté hmoty. Osoby s nadváhou měly nižší tepelné ztráty na povrchu těla ($44,7 \pm 1,3$ vs $54,7 \pm 2,3$ kcal /den). Závěrem je, že jedinci většího vzrůstu s větším množstvím tukuprosté hmoty aktivují termogenezi vyvolanou chladem až při vystavení nižším teplotám. Toto však není způsobeno vyšší tepelnou izolací, nýbrž vyšší produkcí bazálního tepla.

Změnou složení těla během 24hodinového zimního běhu na horách v extrémně chladných podmínkách prostředí ($-14,3$ °C) se zabývalo několik českých a švýcarských výzkumníků. Závodu se zúčastnilo 14 mužů a 6 žen. Antropometrické vlastnosti, plazmatická močovina, plazmatický kreatin, kreatinkináza, plazmatický objem a celková tělesná voda byly měřeny před a po závodě. U mužů poklesla tělesná hmotnost a tělesný tuk [$-1,1$ kg ($-1,4$ %) a $-1,1$ kg ($13,4$ %)]. Celková tělesná voda a hmota kosterního svalstva zůstaly ustáleny. U žen tělesný tuk poklesl [$-1,3$ kg ($-7,8$ %)] zatímco tělesná hmotnost, hmota kosterního svalstva a celková tělesná voda zůstaly stabilní. Změna (Δ) tělesné hmotnosti nesouvisela s Δ tělesného tuku, Δ tělesné hmotnosti však souvisela s Δ hmoty kosterního svalstva a Δ celkové tělesné vody. Δ hmoty kosterního svalstva vzájemně souvisí s Δ celkové tělesné vody. Navíc Δ tělesného tuku byla negativně spojena se Δ hmoty kosterního svalstva. Plazmatický objem, kreatinkináza, plazmatický kreatinin a plazmatická močovina se zvýšily a clearance (odbavení kreatininu) se snížilo. Snížení tělesného tuku negativně souviselo se zvýšením kreatinkinázy. Δ plazmatického kreatininu pozitivně souvisí se Δ plazmatické močoviny. Závěrem je tedy, že zvýšení kreatinkinázy,

plazmatického kreatininu a plazmatické močoviny souviselo s poškozením hmoty kosterního svalstva s přechodnou poruchou funkce ledvin (Chlíbková, Žáková, Rosemann, Knechtle & Bednář, 2019).

Stephens, Argus a Driller (2014) zkoumali vztah mezi složením těla a tepelnými reakcemi na ponoření do studené a teplé vody. Cílem této studie bylo vyzkoumat vliv procenta tělesného tuku na tepelné reakce při ponoření do dvou teplotních extrémů. Porovnávali teplotní reakce na teplou vodu (HWI) nebo studenou vodu (CWI) u lidí s vysokým a nízkým obsahem tuku. Hodnocení složení těla (k zjištění skupin s nízkým a vysokým obsahem tuku) a 15 minut HWI (n = 19) nebo CWI (n = 20) dokončilo 39 účastníků. Po 15minutovém vlivu vody nastal 30minutový odpočinek. Teplota kůže (Tsk), teplota jádra (Tc) a tepelný pocit (TSS) byly zaznamenány při ponoření v různých časových bodech a během doby odpočinku. V průběhu CWI nebyly žádné význačné rozdíly mezi skupinami s vysokým a nízkým obsahem tuku. Kolektiv s nízkým obsahem tuku měl výrazně nižší Tc ve srovnání se skupinou s vysokým obsahem tuku 10, 20 a 30 po CWI (p < 0,05). Během HWI měla skupina s nízkým obsahem tuku po 5 minutách výrazně vyšší Tc (p < 0,05). Ve skupině s nízkým obsahem tuku byl TSS výrazně vyšší po 15 minutách HWI (p = 0,03) a příznacně nižší po 15 minutách CWI (p = 0,03) v porovnání se skupinou s vysokým obsahem tuku. Nebyly naměřeny žádné významné rozdíly pro měření Tsk mezi skupinami. Procento tělesného tuku tedy ovlivňuje vjemové a fyziologické reakce na ponoření do teplé i studené vody.

Skupina polských vědeckých pracovníků Wesołowski, Mila-Kierzenkowska, Woźniak, Boraczyński a Sutkowy (2013) zkoumali analytické složení těla u běžných zimních plavců a u lidí, kteří tuto formu rekreace nevolí. Jedná se o aktivitu, která zahrnuje koupání ve studené vodě během zimního období, a slouží jako fyzická rekreace. Cílem této studie bylo analyzovat složení těla u lidí, kteří se pravidelně koupou v ledové vodě. Studie se účastnilo 20 mužů. Pravidelně se koupala polovina z nich (zimní plavci) (průměrný věk $27,7 \pm 7,1$ roku) alespoň po dobu jednoho roku. Druhá polovina (průměrný věk $27,0 \pm 4,0$) tuto rekreaci nikdy neprováděla (kontroly). U každého jedince bylo měřeno složení těla: tělesná hmotnost (body mass, BM kg), index tělesné hmotnosti (BMI), procenta tělesného tuku (% body fat, BF), tuková hmota (fat mass, FM kg), tukuprostá hmota (fat-free mass, FFM kg), poměr hmotnosti tuku k tukuprosté hmotě (FM / FFM %), celková tělesná voda

(TBW % a TBW kg), a svalová hmota (MM % a MM kg). Měření bylo provedeno pomocí analyzátoru složení těla Tanica – BC 418 MA, který využíval metodu BIA (bioelektrická impedanční analýza) s pomocí antropometrických měření. Naměřené hodnoty BMI zimních plavců byly výrazně vyšší než u kontrolní skupiny. U zimních plavců byly ve srovnání s lidmi nepraktikující zimní plavání zjištěny vyšší hodnoty % BF a vyšší poměr FM / FFM %, stejně jako nižší hodnota % MM. Získané výsledky naznačují, že tato aktivita může záviset na obsahu tukové tkáně, která slouží jako izolační vrstva a chrání tak lidi s nadváhou před nadměrnými tepelnými ztrátami.

2.9 Tělesné složení

Složení těla a jeho komponenty byly dány anatomickými a chemickými modely. Po anatomické stránce je tělo tvořeno tukovou tkání, kostmi, svalstvem, vnitřními orgány a ostatními tkáněmi. Chemické složení těla se skládá z tuku, sacharidů, bílkovin, vody a minerálů. Dvoukomponentové složení, které je nejpoužívanější, dělíme na tuk (FM) a tukuprostou hmotu (FFM). Chemické složení FFM je poměrně stálé s obsahem vody 72–74 % a obsahem draslíku 50–60 mmol/kg u žen a 60–70 mmol/kg u mužů. Existuje několik dalších modelů tělesného složení – anatomický, molekulární, celulární, tkáňový, celotělový (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

Celotělový model uplatňuje antropometrické měření k určení dílčích informací, jako je tělesná hmotnost, tělesná výška, index tělesné hmotnosti, obvodové, délkové a šířkové rozměry, kožní řasy, objem těla a denzita (hustota) těla, z které vyplývá aktivní tělesná hmotnost a depotní (uložený) tuk. Jedná se o nejvyšší postavení z pětistupňového modelu (Riegerová et al., 2006).

Komponenty tukuprosté hmoty (FFM) neboli aktivní tělesné hmotnosti (ATH) se skládají z 60 % svalů, z 25 % kostí a pojivové tkáně, 15 % tvoří hmotnost vnitřních orgánů (Riegerová et al., 2006). Velikost FFM získáme tak, že z celkové tělesné hmotnosti odečteme hmotnost tuku (Skalská, 2021). Jedná se tedy o veškerou hmotu našeho těla kromě tukových zásob. FFM má důležitou roli při fungování organismu. Obstarává chod organismu, látkovou výměnu a další (Snítily, 2019).

Pasivní tělesnou hmotu nazýváme jednoduše tuk (FM). Zásobní tuk se neřadí mezi aktivní hmotu, protože energii pouze uskladňuje. FM lze rozdělit na tuk zásobní a esenciální, kterého je malá část a je nutný k fungování našeho těla. Není možné mít 0 % tuku v těle (Snítily, 2019).

2.10 Metody pro stanovení tělesného složení

Měřením se určí obsah tukové tkáně, beztukové tělesné hmoty, kostních minerálů, vody a dalších složek těla (Hainer, 2004).

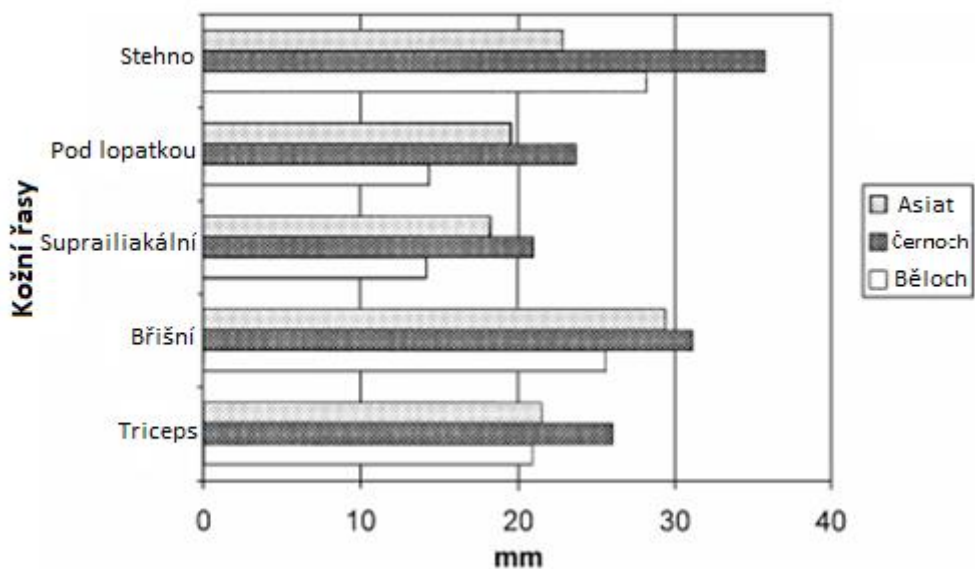
2.10.1 Měření tloušťky kožních řas

Metoda měřící tloušťku kožních řas (podkožního tuku) se nazývá kaliperace, provádí se za pomoci přístroje kaliperu. Jeho čelisti v okamžiku měření stlačují stanovenou silou kožní řasu. Existuje mnoho různých typů kaliperů. Mezi nejznámější patří kaliper Harpenden, Best, Lange a další. Při dlouhodobém sledování se doporučuje, aby opakovaná měření dělala vždy stejná osoba (Kleinwächterová & Brázdová, 1992). Místa měření musejí být přesně definována, neboť tloušťka tukové vrstvy se mění na velmi malé ploše těla. Součet naměřených hodnot kožních řas je uveden do specifických regresivních rovnic pro výpočet množství procentuálního tuku těla. Distribuce tuku se mění podle věku, v závislosti na pohlaví, pohybové aktivitě, věku, původu (Obr. 1, 2) a dalších faktorech. Z tohoto důvodu je platnost regresivních rovnic pro odhad tělesné kompozice z kožních řas omezená jen na populační skupinu, ze které byly rovnice odvozeny. Skupina autorů uvádí, že kaliperace je jedna z přesnějších metod měření podkožního tuku. Výhodou kaliperování je jeho rychlost. Vyšetření nezatěžuje probanda a může se použít i v terénních podmínkách. Nevýhoda této metody tkví v dopouštění se chyb při měření i u zkušených antropologů, a proto je důležitý pečlivý nácvik (Riegerová et al., 2006).

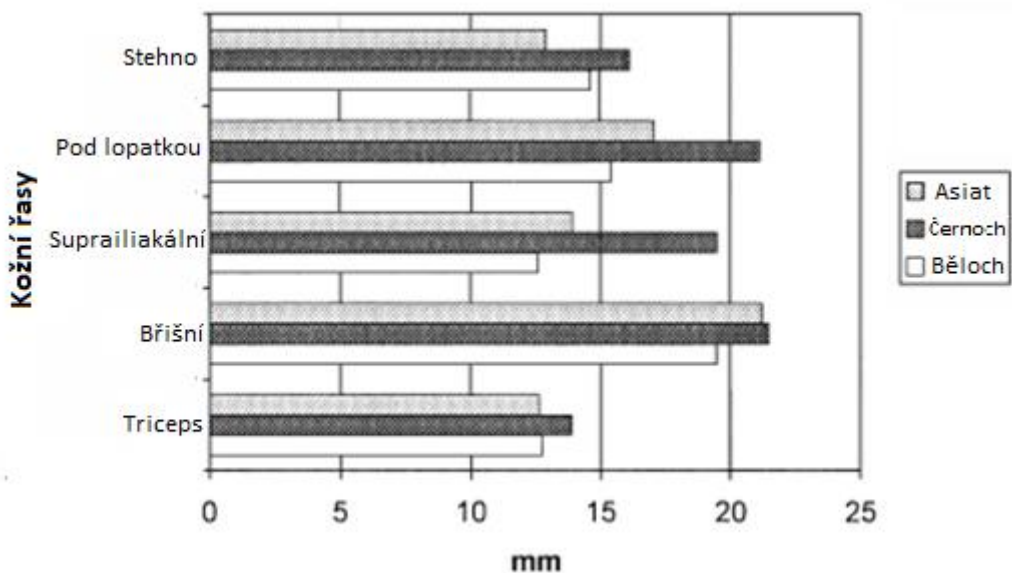
Měří se různý počet řas: na deseti místech (Pařízková), na čtyřech (Durnin, Womersley), na dvou i pouze na jednom místě (Kleinwächterová & Brázdová, 1992).

Podrobné vyšetření zahrnuje měření deset kožních řas, které uvádí Pařízková (Hainer, 2004). Při tomto počtu se snižuje možnost vzniku větších chyb, které se objevují při výpočtu procenta tuku z méně řas nebo při neobvyklém rozložení tuku (Kleinwächterová &

Brázdová, 1992). V této metodě se využívá kaliper Bestův. Kožní řasy nalezneme na těchto místech – tvář, krk, hrudník I, hrudník II, subskapulární řasa, triceps, suprailiální řasa – bok, břicho, stehno, lýtko (Hainer, 2004).



Obr. 2. Průměrné tloušťky kožních řas u **žen** Asiatic, černošek a bělošek (Wang, Thornton, Kolesnik & Pierson, 2000).



Obr. 3. Průměrné tloušťky kožních řas u **mužů** Asiatic, černošů a bělochů (Wang et al., 2000).

Obr. 2. a 3. ukazují průměrné tloušťky kožních řas na pěti místech: na stehně, pod lopatkou, nad hřebenem kosti kyčelní, na břicho a tricepsu, a to u Asiatických, černošek a bělošek, které se shodovaly věkem a BMI. Mezi těmito třemi etnickými skupinami je zřejmá stejnorodost v rozdílech mezi pohlavími. Ženy mají na všech pěti místech průměrně vyšší hodnoty než muži (Wang et al., 2000).

Při měření kožních řas na čtyřech místech těla podle Durnina a Womersleyho se využívají tyto řasy (Kleinwächterová & Brázdová, 1992):

- řasa nad bicipsem
- řasa nad tricipsem
- řasa subskapulární
- řasa suprailiackální

Posouzení množství tuku v lidském těle z měření tloušťky kožních řas zkoumali Durnin a Rahaman (1967). Výzkumu se účastnilo 105 mladých dospělých: mužů ($n = 60$) a žen ($n = 45$) a 86 dospívajících: chlapců ($n = 48$) a dívek ($n = 38$). Oběma těmito skupinám byla měřena tloušťka kožních řas na čtyřech místech: biceps, triceps, pod lopatkou a nad hřebenem kosti kyčelní. Místa byla měřena Harpendenovým kaliperem. Hustota těla se měřila vážením jedince na vzduchu a následně pod vodou ve velké nádrži s korekcí na zbytkový vzduch v plicích. Jedinec před ponořením vydechl z plic co nejvíce vzduchu. Po zaznamenání hmotnosti bylo provedeno měření zbytkového objemu vzduchu. Při porovnání těchto dvou metod byly zjištěny velice podobné výsledky s korelačním koeficientem: $-0,80$. Bylo tudíž prokázáno, že je metoda měření kaliperu vhodná pro lékařské, laboratorní i civilní použití. Byly vypočteny regresní rovnice pro zjištění množství tělesného tuku z kožních řas s chybou asi $\pm 3,5 \%$.

Womersley, Durnin, Armstrong a Friskey (1973) provedli experimentální studii o variabilitě měření tloušťky kožních řas u mladých dospělých. Tři pozorovatelé použili tři různé verze kaliperů (jeden Large a dva typy Harpendenova). Věkové rozhraní účastněných bylo od 17 do 22 let a žádný jedinec netrpěl obezitou. Bylo měřeno 27 mužů a 23 žen 8–9krát za měsíc. Měření se prováděla na bicepsu, tricepsu, pod lopatkou a nad hřebenem kosti kyčelní. Žádný pozorovatel při posuzování skupiny jako celku nenalezl významný rozdíl mezi oběma stranami těla pro měření „celkové kožní řasy,“ pouze v místě tricepsu

našli všichni pozorovatelé významné rozdíly. U jednotlivých subjektů se ovšem vyskytly případy, kdy jeden pozorovatel zjistil významný rozdíl v „celkové kožní řase“ mezi dvěma stranami těla, ale takový rozdíl zřídka kdy našli dva pozorovatelé u stejného subjektu, nikdy tři pozorovatelé. Nejvyšší reprodukovatelnost měření pro jednotlivé pozorovatele byla nalezena pro „celkové tělesné řasy“; pro jednotlivá místa byly nejvhodnější subskapulární řasy u mužů a subskapulární řasy a triceps u žen. Nejnižší reprodukovatelnost byla zjištěna na suprailiackální řase u mužů a u žen na bicepsu a suprailiackální řase. Maximální rozdíl mezi pozorovateli (rozdíl mezi nejnižší naměřenou hodnotou jednoho pozorovatele a nejvyšší naměřenou hodnotou jiného pozorovatele) ukázal maximální hodnotu v odhadu obsahu tuku ve výši 5 % tělesné hmotnosti u mužů a 6 % u žen.

Na skupině starších dospělých ve věku 54 až 85 let byl veden výzkum na velikost těla, množství podkožního tuku a celkový tělesný tuk. Účastnilo se ho 24 mužů a 21 žen. Výzkumníci nejprve měřili antropometrická data. Tělesnou hustotu zaznamenali z vážení pod vodou, podle které byl vypočítán odhad tělesného tuku. Ženy byly podle velikosti těla menší než muži. Ti měli na pažích a nohou menší procento tělesného i podkožního tuku. V odhadech celkového tělesného tuku a hodnotách podkožního tuku na trupu nebyl žádný výrazný rozdíl mezi pohlavími. Naměřené hodnoty obvodu břicha a hrudníku nejvíce korelovaly s celkovým množstvím tuku a procentem tělesného tuku u mužů. U žen nejvíce korelovaly subskapulární řasy a odvod břicha s procentem tělesného tuku, stejně jako midaxilární (vertikální) a subskapulární řasy s celkovým tělesným tukem (Chumlea, Roche & Webb, 1984).

Kromě kaliperace byly vytvořeny další metody pro měření procenta podkožního tuku. Tyto alternativní přístupy se snaží odstranit technické chyby, které se během kaliperace vytvářejí. Zejména se jedná o odlišnou stlačitelnost tkání u jedinců s nestandardním tělesným složením (Riegerová et al., 2006).

2.10.2 Bioelektrická impedanční analýza (BIA)

Jedná se o bezpečnou, rychlou a především neinvazivní metodu rozšířenou po celém světě. Využívá se jak u pacientů s klinickými diagnózami, tak u zdravých jedinců pro stanovení konkrétních parametrů. Tato metoda se zakládá na rozdílech v šíření elektrického proudu velmi malé intenzity v různých biologických strukturách – tukuprostá tkáň, tuk,

tělesná voda. Tuková tkáň obsahuje oproti ostatním tkáním velmi málo vody a slouží jako izolátor. Oproti tomu tukuprostá tkáň (svaly, kosti, orgány, voda atd.) obsahuje velké procento vody a elektrolytů, proto je dobrým vodičem (Riegerová et al., 2006). Podle tohoto odlišného chování tkání lze zjistit množství tukové tkáně oproti ostatním tkáním (Kremlíková, 2021).

Tab. I. Průměrné zastoupení tělesných složek v lidském těle podle pohlaví ve věku 19–26 let podle Bodystatu.

	Muž	Žena
Tuková tkáň v %	12–18 %	20–26 %
Aktivní tělesná hmotnost (ATH) v %	82–88 %	74–80 %
Tělesná voda v %	55–65 %	50–60 %
BMI	20–25	20–25

ATH neboli tukuprostá tkáň.

Odhad tělesného tuku z kožních řas u sportovců zkoumal Ostojic (2006). Cílem jeho studie bylo porovnat dvě různé metody měření u vrcholových sportovců. První metodou bylo měření kožních řas, druhou metodou bylo měření pomocí bioelektrické impedance pro odhad tělesného tuku. Studie se zúčastnilo 219 mužů; profesionálních atletů. Tloušťky kožních řas na sedmi místech byly měřeny Harpendenovým kaliperem. Celkový elektrický odpor těla byl měřen bioelektrickým impedančním nožním analyzátozem při stálé frekvenci signálu 50 kHz a 500 μ A. Z výsledků vyplývá, že sportovci nevykazovali významný rozdíl v procentu tělesného tuku (% BF) mezi průměrným % BF kožních řas a % BF BIA ($P > 0,05$). Bylo zjištěno, že odhady tělesného tuku byly velice podobné mezi kožními řasami a BIA s významnou korelací ($r = 0,96$) mezi metodami. Metoda BIA je méně časově náročná. Zdá se tedy vhodnější pro měření obsahu tělesného tuku u fyzicky aktivních jedinců i profesionálních sportovců.

3 METODIKA

3.1 Popis výzkumného vzorku

Do výzkumu se zapojilo 48 studentů Pedagogické fakulty (PF) Jihočeské univerzity (JU). Jedinci se přihlásili dobrovolně. Nikdo nebyl vrcholovým sportovcem. Výzkumný vzorek tvořili mladí dospělí ve věku 19–26 let. Výzkum probíhal ve dvou skupinách. U první skupiny výzkum probíhal od 1. ledna 2020 do 30. listopadu 2020 (11 měsíců). Zde bylo účastněno 17 studentů, z nichž bylo 13 žen a 4 muži. Výzkum druhé skupiny se konal od poloviny listopadu 2020 do poloviny února 2021 (3 měsíce), kde se účastnilo 31 studentů, 18 žen a 13 mužů. Do průběhu výzkumu negativně zasáhla pandemie nemoci COVID-19.

Cílem této práce bylo zjistit vliv chladové expozice na tělesné charakteristiky dospělých. Pro zjištění množství tukové tkáně byly použity kaliperační kleště (kaliper) typu Harpenden a pro celkové zjištění tělesného složení přístroj Bodystat typu 1500MDD fungující pomocí bioelektrické impedance. Tento typ je určený k měření na čtyřech místech těla. Každý účastník byl změřen na začátku otužování a po jeho skončení. Měření se konalo v budově Pedagogické fakulty v Jeronýmově ulici, ve třídě J312. Tato práce byla zadána ve vazbě na práci Anny Bürgerové (Bürgerová, v procesu), která se zabývá vlivem chladové expozice na psychický stav dospělých. Z tohoto důvodu byl v obou výzkumech použit stejný výzkumný vzorek.

3.2 Charakteristika vzorku

Před samotnou prací došlo k seznámení s tématem a problematikou, která s výzkumem souvisí, a potřebnými pomůckami. Poté byla prostudována odborná literatura, z které se získávaly informace pro teoretickou část této práce.

Osloveno bylo asi 500 studentů PF. Přihlásilo se více než 55 studentů, výzkum dokončilo 48. Z tohoto počtu bylo 35 studentů zařazeno do experimentální skupiny (ti, kteří se otužovali) a 13 studentů bylo zařazeno do kontrolní skupiny (ti, kteří se neotužovali, ani nijak neměnili svoje zvyklosti). Kontrolní skupina byla vytvořena proto, aby bylo možné odstranit případný sezónní vliv na tělesné parametry jedince průzkumu.

Účastníkům nebyl sdělen záměr výzkumu, aby nedošlo k jeho zkreslení. Všechna data byla vyhodnocena anonymně s nemožností identifikace konkrétního probanda. Jedinci výzkumného šetření souhlasili se zpracováním dat a jejich následným využitím pro odborné účely. Výzkum probíhal pod názvem: Výzkum vlivu otužování na lidský organismus.

Na začátku výzkumu byl předán probandům „deník otužilců“ (příloha 1). Na úvodní straně byly uvedeny pokyny a hlavní informace týkající se otužování. Chladová expozice byla zvolena formou studené sprchy, kdy voda měla stékat od krku dolů po celém těle po dobu několika vteřin, a to v intervalech minimálně dvakrát až třikrát týdně. Doporučenou délkou studené sprchy bylo pro začátek 10 sekund. Bylo potřeba, aby jedinci při otužování cítili intenzivní chlad. V případě nemoci či jiných subjektivních potíží mohlo být otužování přerušeno. Pro rozlišení pravidelnosti či nepravidelnosti otužování každý jedinec zaznamenával svůj průběh do již výše uvedeného deníku (příloha 1). Do tabulek v deníku zapisoval datum, čas a délku studené sprchy.

U všech zúčastněných se zjišťovaly následující údaje:

- jméno a příjmení
- měsíc a rok narození
- pohlaví
- tělesná výška
- tělesná hmotnost
- obvod pravé paže
- obvod pasu
- obvod boků
- kožní řasa nad bicipsem
- kožní řasa nad tricipsem
- kožní řasa pod lopatkou
- kožní řasa suprailiakální

Tyto uvedené informace se zaznamenávaly do předem připravených záznamových listů (příloha 2).

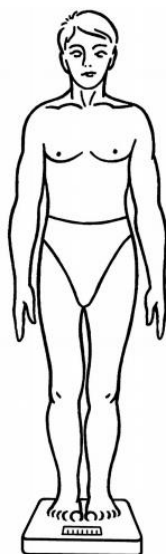
3.3 Zjišťování somatických rozměrů

Tělesná výška je měřena ve stoje u stěny, na níž je upevněn papírový metr tak, aby nulová hodnota škály odpovídala úrovni podložky. Paty musí být opřeny o zeď, proto je nutné se vyvarovat podlahové liště. Alternativou může být skříň, kde bočnice dosahují až na podlahu. Měřený jedinec stojí bez obuvi maximálně vzpřímeně. Paty a špičky nohou jsou u sebe. Svislé stěny se dotýkají pat, hýždí, lopatek, jen výjimečně týlu hlavy. Hlava nesmí být zakloněna dozadu ani dopředu, tedy v poloze při pohledu do dálky (Obr. 4). Výška se odečítá na škále papírového metru pomocí pravoúhlého trojúhelníku, jehož vodorovné rameno se dotýká nejvyššího bodu na temeni hlavy a svislé rameno je přiloženo k papírovému měřidlu. Před měřením je zapotřebí odstranit úpravu účesu na temeni hlavy. Měříme s přesností na 0,5 cm (Vignerová et al., 2006).



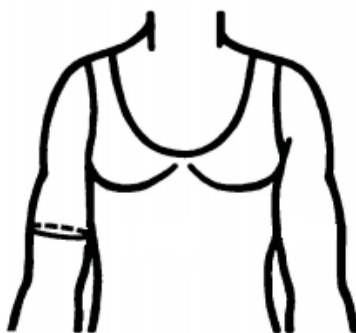
Obr. 4. Měření tělesné výšky (Vignerová et al., 2006).

Měření tělesné hmotnosti probíhá na osobní náslapné váze, která je položena na rovném pevném podkladu. Měříme s přesností 0,5 kg, vždy bez obuvi (Obr. 5) (Vignerová et al., 2006).



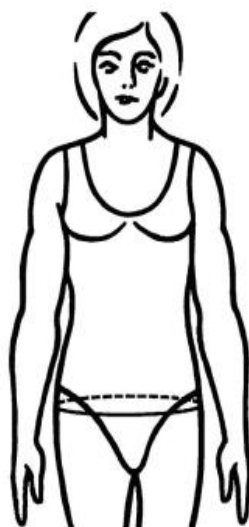
Obr. 5. Měření tělesné hmotnosti (Vignerová et al., 2006).

Obvod pravé paže měříme krejčovským metrem vedeným kolmo na osu pravé paže v poloviční vzdálenosti mezi ramenním a loketním kloubem (mezi akromiálním výběžkem lopatky – akromion a hrotem lokte – olecranon) (Obr. 6). Krejčovský metr nesmí stlačovat kůži ani být volný. Paže visí volně podél těla (Vignerová et al., 2006).



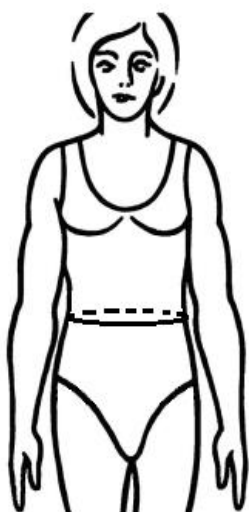
Obr. 6. Měření pravé paže (Vignerová et al., 2006).

Obvod boků měříme krejčovským metrem ve vodorovné rovině přes největší vyklenutí hýždě kolmo na osu těla (Obr. 7). Metr je vedený vodorovně i na zadní straně těla měřeného. Měřidlo musí přiléhat k tělu, ale nesmí kůži stlačovat ani být moc volné. Měření probíhá vestoje (Vignerová et al., 2006).



Obr. 7. Měření obvodu boků (Vignerová et al., 2006).

Obvod pasu dostaneme také pomocí krejčovského metru měřením vestoje. Místo měření je v polovině vzdálenosti mezi posledním žebrem a horním krajem kyčelní kosti (Obr. 8). Pupek může být u lidí s kratším trupem níže, proto není dobré se podle něho orientovat. Metr přikládáme opět těsně na kůži, ale nesmí škrtit, ani být volný. Paže jsou svěřené volně podél těla (Vignerová et al., 2006).



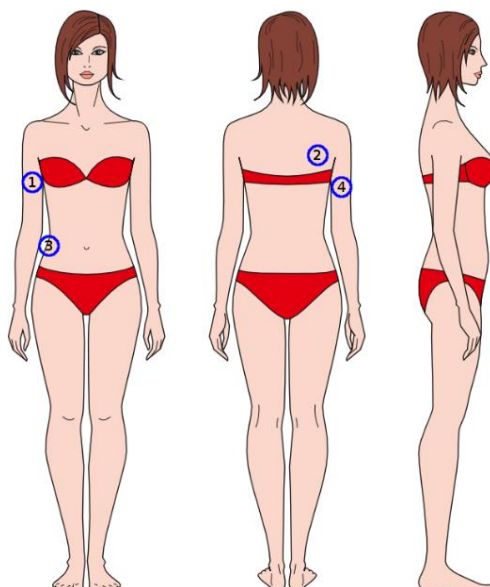
Obr. 8. Měření obvodu pasu (Vignerová et al., 2006).

3.4 Měření tukové složky kaliperací a přístrojem Bodystat

Měření kožních řas bylo prováděno kaliperem typu Harpenden na zmíněných čtyřech místech.

Kleinwächterová a Brázdová (1992) popisují místa čtyř kožních řas (Obr. 9).

- řasa nad bicepsem (1) – řasa probíhá v ose paže, tvoříme ji nad vrcholem bříška bicepsu, měříme ji na volně visící paži
- řasa nad tricepsem (4) – svislá řasa v polovině vzdálenosti acromion – olecranon (loketní výběžek)
- řasa subskapulární (2) – pod dolním úhlem lopatky, leží ve směru od páteře šikmo dolů v úhlu 45°
- řasa suprailiackální (3) – nachází se nad hřebenem kosti kyčelní v přední axilární čáře



Obr. 9. Čtyři kožní řasy (Anonym, 2021)

Palcem a ukazováčkem levé ruky se uchytí a vytáhne kožní řasa na stanoveném místě těla. Mezi čelisti kaliperu uchytíme zdvižené kožní řasy cca 1 cm nad prsty, tak aby byly obě kožní vrstvy rovnoběžné k sobě navzájem (Riegerová et al., 2006). Čelisti přibližujeme k sobě do okamžiku, než dosáhneme požadovaného tlaku, který indikuje ryska. Počkáme dvě sekundy po stlačení řasy kaliperem a tuto naměřenou hodnotu identifikujeme. Později se u silnějších řas odečítaná hodnota výrazně zmenšuje. Měření uskutečňujeme vždy na pravé straně těla (Kleinwächterová & Brázdová, 1992).

Tab. II. Regresní rovnice pro výpočet hustoty těla (Durnin & Womersley, 1974).

Věk	Muži	Ženy
17–19	$H = 1,1620 - 0,0630 \times \log K\check{R}$	$H = 1,1549 - 0,0678 \times \log K\check{R}$
20–29	$H = 1,1631 - 0,0632 \times \log K\check{R}$	$H = 1,1599 - 0,0717 \times \log K\check{R}$

H je hustota těla, log KŘ je logaritmus součtu čtyř kožních řas.

Procenta tělesného tuku jsou vypočítány pomocí Siriho rovnice (Durnin & Womersley, 1974):

$$\% BF = \left(\frac{495}{H} \right) - 450$$

Druhé měření bylo uskutečněno pomocí Bodystatu, který je založen na bioelektrické impedanci. Jak již bylo zmíněno, tato metoda využívá elektrický proud, který prochází různými strukturami lidského těla. Proud prochází dobře beztukovou hmotou, která obsahuje hodně tělesné vody na rozdíl od tukové tkáně, která slouží převážně jako izolant (Kremlíková, 2021). Aplikace konstantního střídavého proudu nízké intenzity vyvolává impedanci vůči šíření proudu, která je závislá na frekvenci proudu, délce, průřezu a konfiguraci vodiče. Bioelektrická impedance (hodnota odporu tkáně) je nepřímo úměrná objemu tukuprosté tkáně, kterou elektrický proud prochází. To znamená že, čím více má jedinec tukuprosté tkáně, tím menší je elektrický proud (Riegerová et al., 2006).

Pro stanovení BIA při odborné studii je vhodné použít tetrapolárních přístrojů, které mají k dispozici čtyři elektrody. Dvě se nacházejí na horní končetině (hlavička 3. metatarzu na hřbetu ruky a mezi zápěstím) a dvě na dolní končetině (hlavička 2. metatarzu a mezi kotníky) u ležící osoby (Riegerová et al., 2006).

Aby výsledky byly co nejpřesnější, doporučuje se před měřením dodržet několik rad. Měření by mělo optimálně probíhat na lačno a měl by být omezen vysoký příjem tekutin. Den před vyšetřením je vhodné nepít alkohol, kofeinové nápoje a nejíst těžká jídla. Základem opakovatelného měření je dodržení stejných podmínek jako při předchozím měření, např. stejná denní doba, předchozí fyzická aktivita, množství oděvu a odstup od jídla. Zákaz podstoupit měření platí pro osoby s kardiostimulátorem (Kremlíková, 2021).

Probandi byli instruováni následujícími pokyny:

- Dostavit se v ranních hodinách na měření dle předem domluveného data a času.
- Být nalačno, aby nedocházelo ke zkreslení a výsledky a byly co nejpřesnější.
- Mít na sobě sportovní oděv.
- Před měřením odstranit kovové předměty (prstýnky, pásek...).
- Byla jim položena otázka, zda mají kardiostimulátor, v tomto případě by k měření nemohlo dojít.

3.5 Statistické hodnocení dat

Z naměřených charakteristik před a po otužování byl vypočítán rozdíl těchto hodnot podle vzorce:

Rozdíl tělesných charakteristik [kg], % = a - b,

kde **a** je hodnota tělesné charakteristiky po otužování [kg], %,

b je hodnota tělesné charakteristiky před otužováním [kg], %.

Při kladném rozdílu došlo k nárůstu, při záporném rozdílu k poklesu dané tělesné charakteristiky.

Např. tělesná hmotnost:

Rozdíl tělesné hmotnosti [kg] = těl. hmotnost po o. [kg] – těl. hmotnost před o. [kg].

Změny tělesných charakteristik v závislosti na příslušnosti ke kontrolní či experimentální skupině byla vyhodnocena pomocí analýzy rozptylu (ANOVA) opakovaných měření se skupinou (kontrolní vs experimentální) jakožto kategoriální proměnnou. Kromě toho byly obě experimentální skupiny (první skupina bez příslušné kontroly, druhá měla odpovídající kontrolní skupinu) analyzovány lineární regresí – závislost změny jednotlivých tělesných parametrů na celkovém počtu otužování. Hladina významnosti byla zvolena 0.05, analýzy byly provedeny v softwaru Statistica 13.5. (Tibco software, USA).

4 VÝSLEDKY

Do výzkumu bylo zapojeno 48 studentů, z nichž bylo 31 žen a 17 mužů. Experimentální skupiny byly dvě. První experimentální skupina se otužovala 11 měsíců, zúčastnilo se 17 studentů. Tato experimentální skupina nemá kontrolní skupinu. Druhá experimentální skupina se otužovala 3 měsíce, zúčastnilo se 18 studentů. Kontrolní skupinu tvořilo 13 studentů.

Tab. III. Rozdělení probandů do skupin.

Pohlaví	Muži	Ženy	Obě pohlaví
První experimentální skupina (e1)	4	13	17
Druhá experimentální skupina (e2)	7	11	18
Kontrolní skupina k e2 (k)	6	7	13

V Tab. III. jsou rozděleny muži a ženy do jednotlivých skupin. Ve skupině e1 bylo celkem 17 studentů, z toho 4 muži a 13 žen. Ve skupině e2 bylo celkem 18 studentů, z toho 7 mužů a 11 žen. Skupina kontrolní měla 13 studentů, z nichž bylo 6 mužů a 7 žen.

Tab. IV. Otužování experimentálních skupin.

Skupina	Průměrný počet otužování	Průměrný počet otužování za týden	Průměrná celková doba otužování [s]	Průměrná doba otužování [s]
e1	194	4,1	17 172	76,2
e2	53	4,1	3 964	66,7

V Tab. IV. vidíme dvě experimentální skupiny a jejich hodnoty otužování. Skupina e1 se průměrně otužovala 194x s týdenním průměrem 4,1. Celková průměrná doba otužování byla 17 172 sekund, tedy 4,8 hodin s průměrnou dobou 76,2 sekund. Skupina e2 se průměrně otužovala 53x s týdenním průměrem také 4,1. Celková průměrná doba otužování byla 3 964 sekund, tedy 1,1 hodin s průměrnou dobou 66,7 sekund.

Tab. V. Tělesné charakteristiky souboru

Skupina	Průměr tělesné výšky [cm] ± sm. odchylka		Průměr tělesné hmotnosti [kg] ± sm. odchylka		Průměr obvodu pravé paže [cm] ± sm. odchylka		Průměr obvodu pasu [cm] ± sm. odchylka		Průměr obvodu boků [cm] ± sm. odchylka	
	před o.	po o.	před o.	po o.	před o.	po o.	před o.	po o.	před o.	po o.
e1	170 ± 9	170 ± 9	66 ± 11	68 ± 11	27 ± 3	29 ± 3	77 ± 10	77 ± 10	99 ± 8	101 ± 9
e2	170 ± 7	170 ± 7	68 ± 13	68 ± 15	30 ± 3	30 ± 4	77 ± 8	78 ± 9	100 ± 7	100 ± 8
k	176 ± 10	176 ± 10	68 ± 15	68 ± 16	29 ± 4	29 ± 4	76 ± 9	75 ± 10	98 ± 8	99 ± 8
Skupina	Průměr tělesného tuku [%] ± sm. odchylka		Průměr aktivní tělesné hmotnosti [%] ± sm. odchylka		Průměr bezvodé aktivní tělesné hmotnosti [kg] ± sm. odchylka		Průměr vody [%] ± sm. odchylka		Průměr BMI (Body Mass Index) ± sm. odchylka	
	před o.	po o.	před o.	po o.	před o.	po o.	před o.	po o.	před o.	po o.
e1	22 ± 9	23 ± 9	78 ± 9	77 ± 9	16 ± 3	16 ± 3	54 ± 7	53 ± 6	23 ± 4	24 ± 5
e2	20 ± 7	21 ± 7	80 ± 7	79 ± 8	17 ± 4	17 ± 4	55 ± 6	55 ± 6	23 ± 3	23 ± 3
k	17 ± 6	17 ± 6	83 ± 6	83 ± 6	18 ± 5	17 ± 5	57 ± 4	58 ± 5	22 ± 3	21 ± 3

Před o. je před otužováním. Po o. je po otužování. Tělesný tuk až BMI bylo měřeno přístrojem Bodystat.

V Tab. V. nalezneme porovnání průměrů s odchylkou u tělesných charakteristik, a to vždy před a po otužování. K poklesu hodnot došlo u skupiny **k** v těchto tělesných charakteristikách: obvod pasu, bezvodá aktivní tělesná hmotnost a BMI. Aktivní tělesná hmotnost poklesla u skupin **e1** a **e2**, tělesná voda poklesla pouze u skupiny **e1**. Ke změně hodnoty vlivem otužování nedošlo u tělesné výšky. Hodnoty se nezměnily ani u skupiny **k** v charakteristikách: obvod pravé paže, tělesný tuk a aktivní tělesná hmotnost. Bezvodá aktivní tělesná hmotnost se nezměnila ani u jedné z experimentálních skupin. U tělesné vody a BMI nedošlo ke změně ve skupinách **e2**. Obvod pasu zůstal stejný u skupiny **e1**. U ostatních charakteristik došlo k nárůstu.

Tělesná výška měla nulové rozdílné hodnoty před a po otužování, proto nebyla její data dále zpracována formou obrázků. Průměrná výška mužů byla 181 cm, průměrná výška žen byla 167 cm.

Tab. VI. Porovnání TV a BMI našeho souboru s CAV.

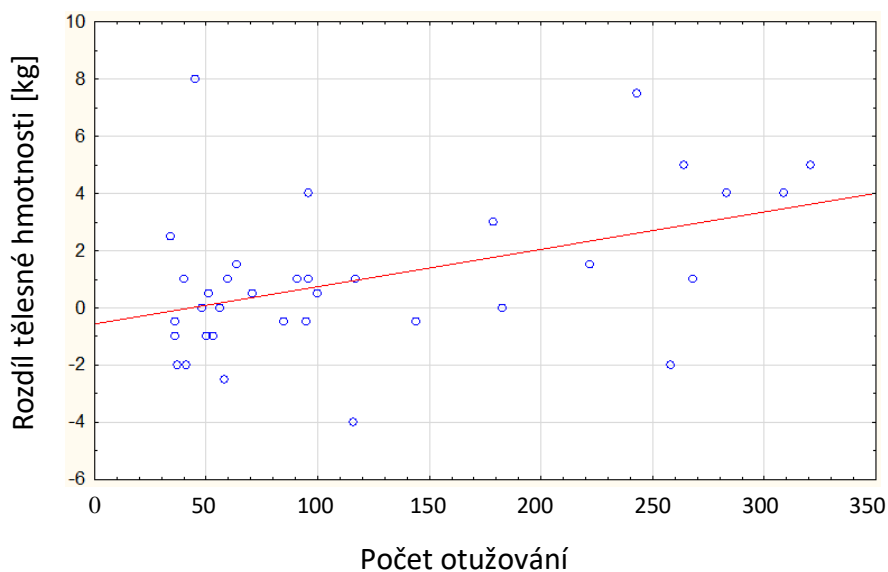
TV (cm)	2020			2001			P
	N	ø	S.D.	N	ø	S.D.	
Muži	17	180,8	6,9	1 193	180,2	7	0,73
Ženy	31	167,3	6,4	1 701	167,3	6,3	1,00
BMI	2020			2001			P
	N	ø	S.D.	N	ø	S.D.	
Muži	17	23,2	3,3	1 193	22,2	2,9	0,16
Ženy	31	22,3	3,8	1 696	21,2	2,8	0,03

V Tab. VI. lze vidět rozdíly průměrných hodnot u našeho souboru (věková kategorie 19–26 let) a souboru CAV 2001 (věková kategorie 18–18,9 roku). U tělesné výšky nebyly vyhodnoceny jako statisticky významné. U BMI zaznamenáváme vyšší hodnoty u našeho souboru mužů i žen, u žen byly rozdíly vyhodnoceny t-testem jako statisticky významné.



Obr. 10. Porovnání tělesné hmotnosti u skupin e2 a k.

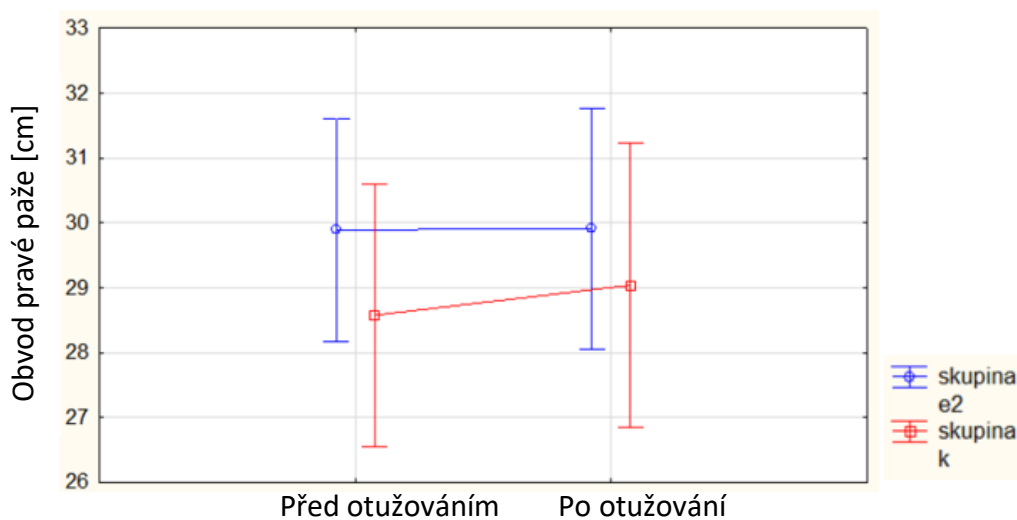
Zatímco v kontrolní skupině **tělesná hmotnost** během sledovaného období mírně poklesla, v experimentální nepatrně vzrostla (Obr. 10). Rozdíly ale nejsou statisticky průkazné – podle Anovy opakovaných měření není významný vliv času ($F_{1,29} = 0,16$; $p = 0,69$) ani vliv skupiny na změnu tělesné hmotnosti ($F_{1,29} = 1,4$; $p = 0,25$).



Obr. 11. Rozdíl tělesné hmotnosti před a po otužování u skupin e1 + e2 v závislosti na počtu otužování.

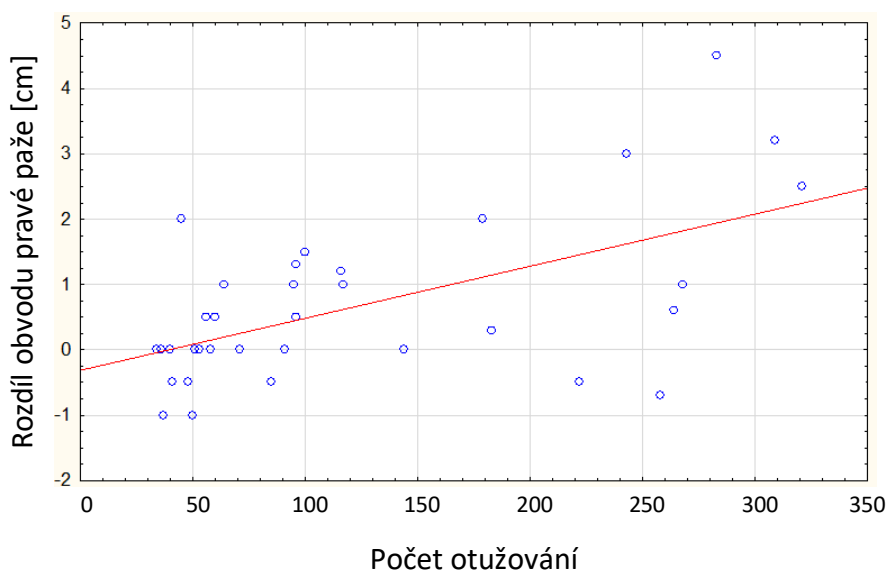
Jak lze vidět z obr. 11, s rostoucím počtem otužování roste i rozdíl tělesné hmotnosti (TH) ve sledovaném období (kladný rozdíl znamená nárůst hmotnosti). Změna tělesné hmotnosti je na počtu otužování signifikantně závislá ($p < 0,01$), počet otužování vysvětlil

19,75 % variability změny TH ($r^2 = 0,1975$, r^2 se označuje jako koeficient determinace).
 Rovnice lineární regrese je změna TH = $-0,56 + 0,013x$, kde x = počet otužování.



Obr. 12. Porovnání obvodu pravé paže u skupin e2 a k.

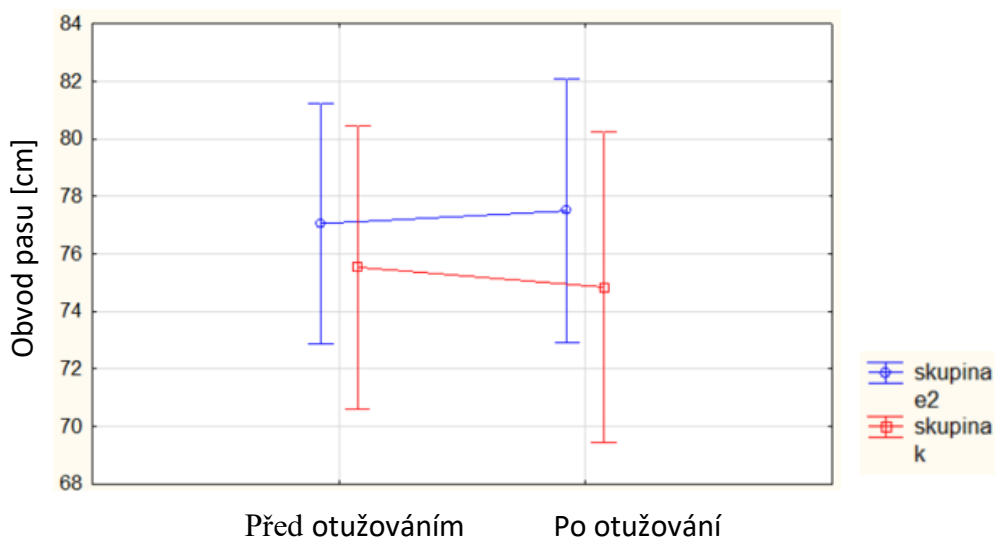
Zatímco v kontrolní skupině **obvod pravé paže** během sledovaného období vzrostl, v experimentální skupině se téměř nezměnil (Obr. 12). Rozdíly ale nejsou statisticky průkazné – podle Anovy opakovaných měření není významný vliv času ($F_{1,29} = 3,5$; $p = 0,07$) ani vliv skupiny na změnu obvodu pravé paže ($F_{1,29} = 2,75$; $p = 0,11$).



Obr. 13. Rozdíl obvodu pravé paže před a po otužování u skupin e1 + e2 v závislosti na počtu otužování.

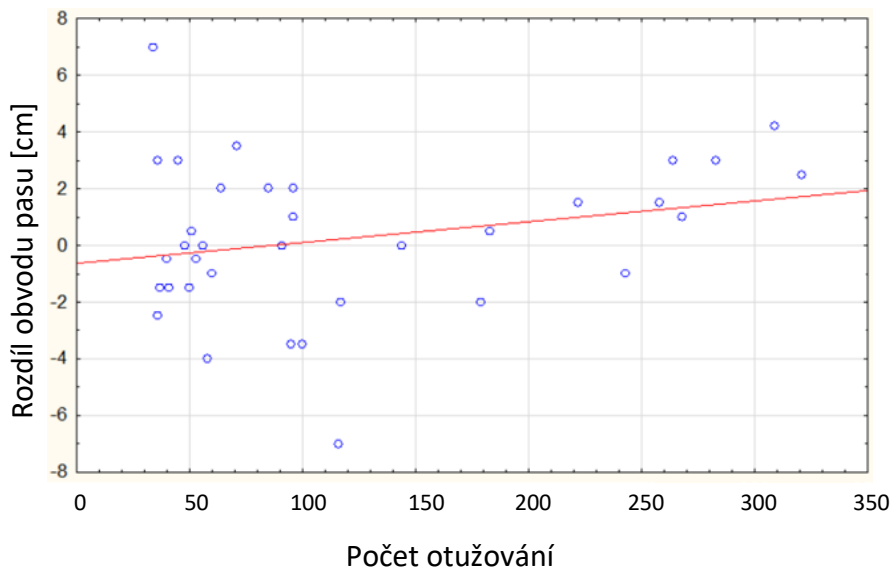
Jak je vidět z obr. 13, s rostoucím počtem otužování roste i rozdíl obvodu pravé paže (OPP) ve sledovaném období. Změna obvodu pravé paže je na počtu signifikantně závislá

($p < 0,00$), počet otužování vysvětlil 34,29 % variability změny OPP ($r^2 = 0,3429$). Rovnice lineární regrese je změna OPP = $-0,31 + 0,008x$, kde x = počet otužování.



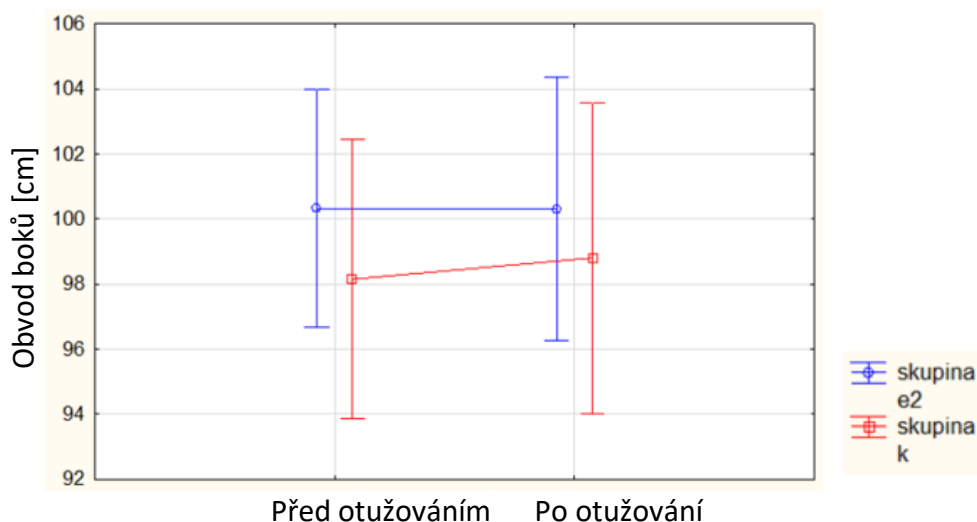
Obr. 14. Porovnání obvodu pasu a skupin e2 a k.

Zatímco v kontrolní skupině **obvod pasu** během sledovaného období mírně klesl, v experimentální skupině mírně vzrostl (Obr. 14). Rozdíly ale nejsou statisticky průkazné – podle Anovy opakovaných měření není významný vliv času ($F_{1,29} = 0,1$; $p = 0,76$) ani vliv skupiny na změnu obvodu pasu ($F_{1,29} = 2,0$; $p = 0,16$).



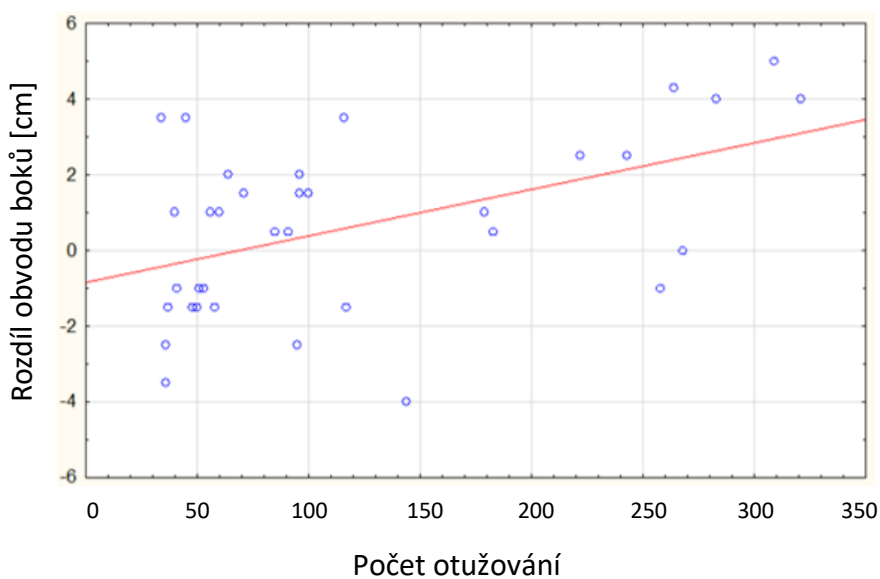
Obr. 15. Rozdíl obvodu pasu před a po otužování u skupin e1 + e2 v závislosti na počtu otužování.

S rostoucím počtem otužování roste i změna obvodu pasu (Obr. 15), ale daná závislost není statisticky průkazná ($p = 0,15$).



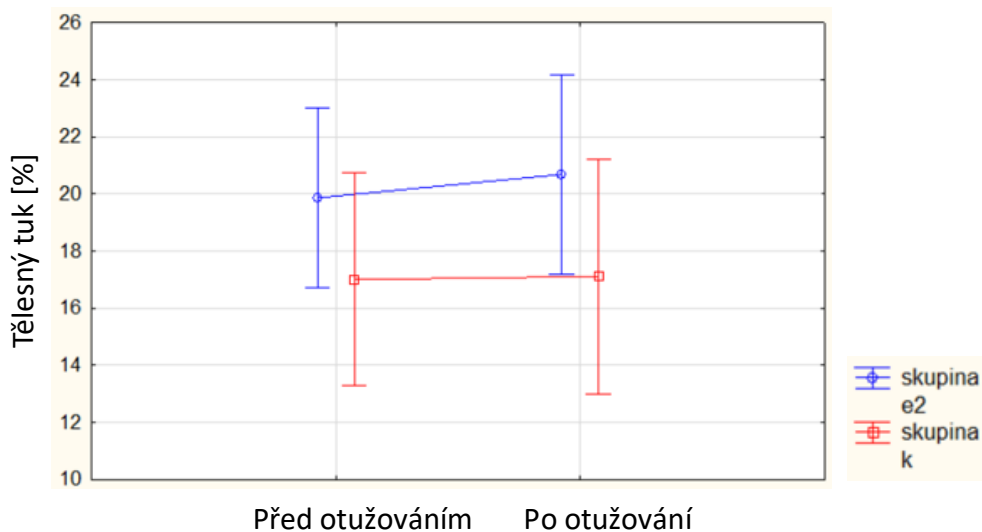
Obr. 16. Porovnání obvodu boků u skupin e2 a k.

Zatímco v kontrolní skupině **obvod boků** během sledovaného období mírně narostl, v experimentální skupině zůstal stejný (Obr. 16). Rozdíly ale nejsou statisticky průkazné – podle Anovy opakovaných měření není významný vliv času ($F_{1,29} = 0,7$; $p = 0,42$) ani vliv skupiny na změnu obvodu boků ($F_{1,29} = 0,8$; $p = 0,38$).



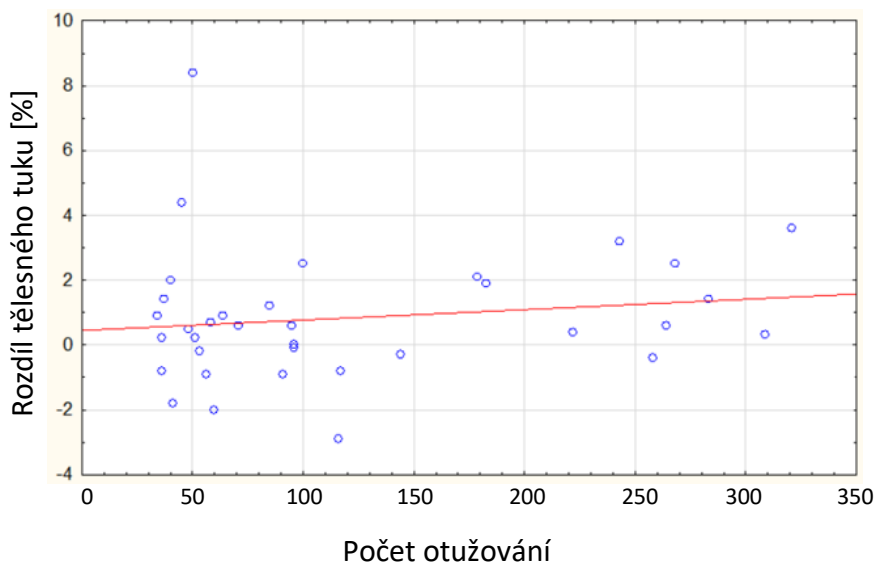
Obr. 17. Rozdíl obvodu boků před a po otužování u skupin e1 + e2 v závislosti na počtu otužování.

Jak je vidět z obr. 17, s rostoucím počtem otužování roste i rozdíl obvodu boků (OB) ve sledovaném období. Změna obvodu boků je na počtu signifikantně závislá ($p < 0,00$), počet otužování vysvětlil 23,3 % variability změny OB ($r^2 = 0,2330$). Rovnice lineární regrese je změna OB = $-0,843 + 0,0123x$, kde x = počet otužování.



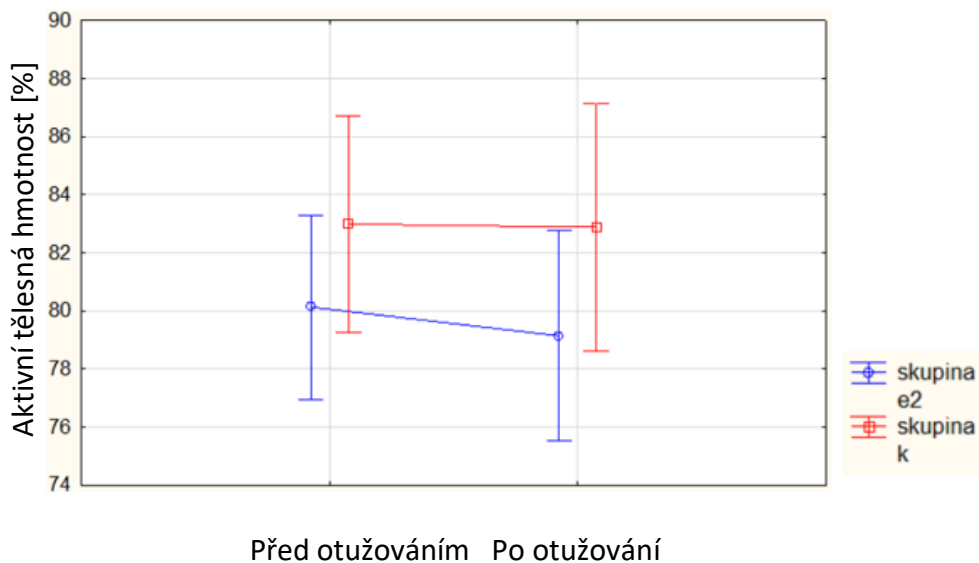
Obr. 18. Porovnání tělesného tuku u skupin e2 a k.

V kontrolní skupině **tělesný tuk** měřený přístrojem Bodystat během sledovaného období vzrostl minimálně, v experimentální vzrostl patrně (Obr. 18). Rozdíly ale nejsou statisticky průkazné – podle Anovy opakovaných měření není významný vliv času ($F_{1,29} = 1,1$; $p = 0,29$) ani vliv skupiny na změnu tělesného tuku ($F_{1,29} = 0,7$; $p = 0,42$).



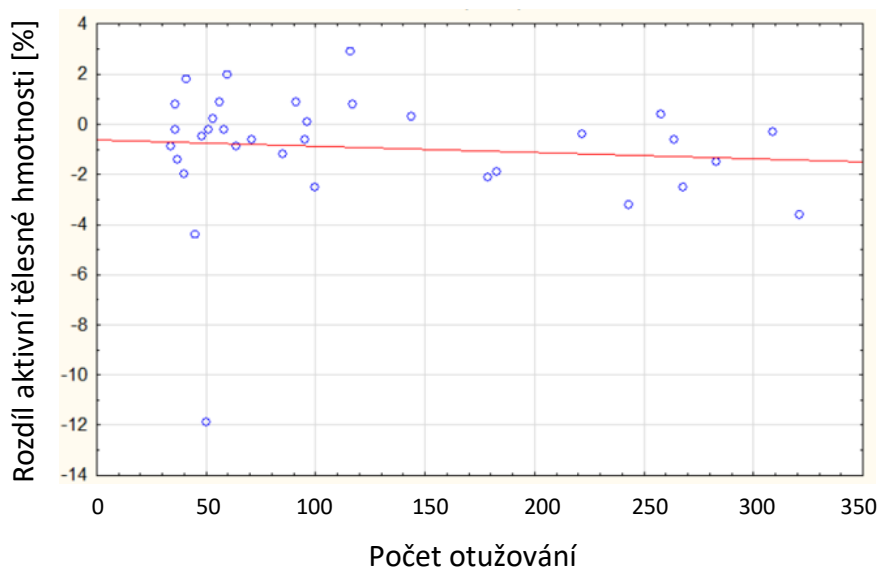
Obr. 19. Rozdíly tělesného tuku před a po otužování u skupin e1 + e2 v závislosti na počtu otužování.

S rostoucím počtem otužování roste i změna tělesného tuku (Obr. 19), ale daná závislost není statisticky průkazná ($p = 0,41$).



Obr. 20. Porovnání aktivní tělesné hmotnosti u skupin e2 a k.

V kontrolní skupině **aktivní tělesná hmotnost** měřená přístrojem Bodystat během sledovaného období mírně poklesla, v experimentální poklesla více (Obr. 20). Rozdíly ale nejsou statisticky průkazné – podle Anovy opakovaných měření není významný vliv času ($F_{1,29} = 1,1$; $p = 0,29$), ani vliv skupiny na změnu aktivní tělesné hmotnosti ($F_{1,29} = 0,7$; $p = 0,40$).



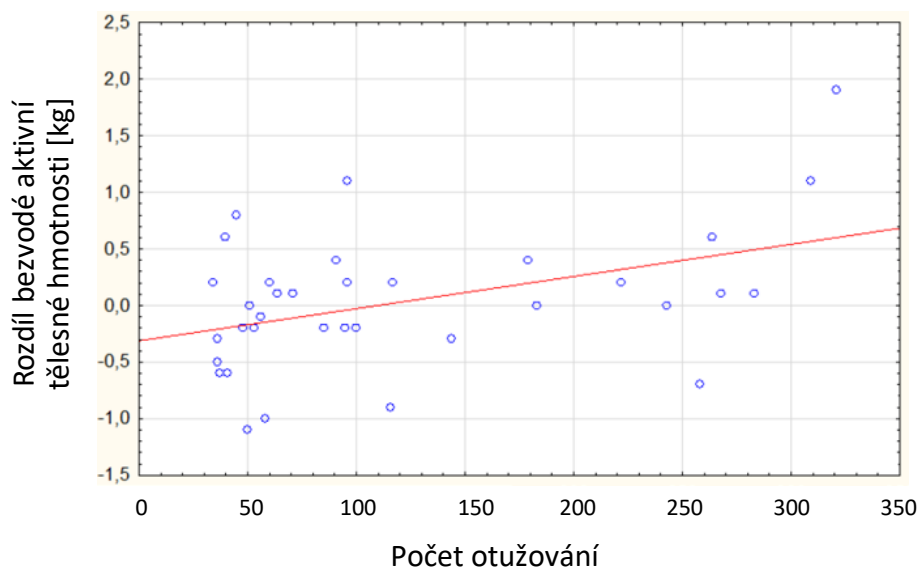
Obr. 21. Rozdíly aktivní tělesné hmotnosti před a po otužování u skupin e1 + e2 v závislosti na počtu otužování.

S rostoucím počtem otužování klesá i změna aktivní tělesné hmotnosti (Obr. 21), ale daná závislost není statisticky průkazná ($p = 0,60$).



Obr. 22. Porovnání bezvodé aktivní tělesné hmotnosti u skupin e2 a k.

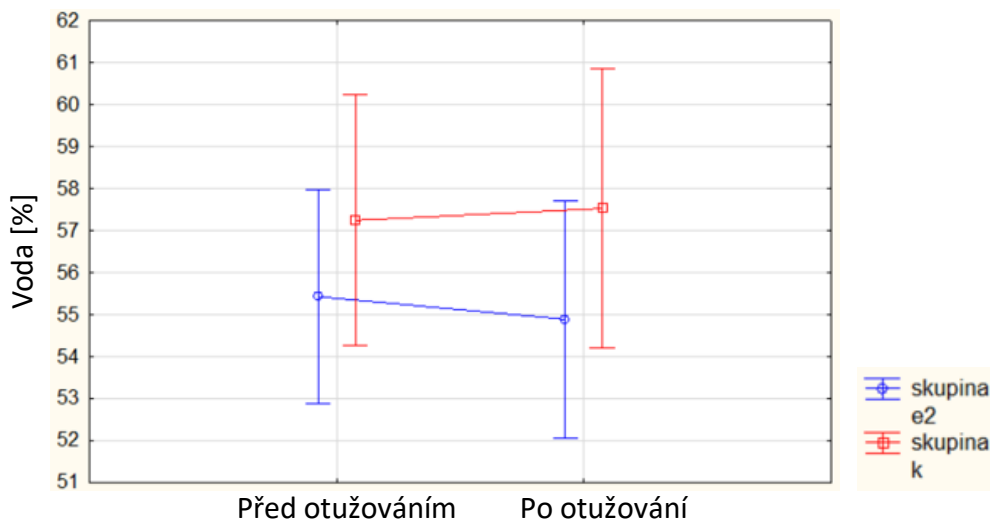
V kontrolní skupině **bezvodá aktivní tělesná hmotnost** vyhodnocená přístrojem Bodystat během sledovaného období mírně poklesla, v experimentální poklesla také (Obr. 22). Rozdíl je statisticky průkazný podle Anovy opakovaných měření pouze ve vlivu času ($F_{1,29} = 7,0$; $p = 0,01$), vliv skupiny na změnu bezvodé tělesné hmotnosti není průkazný ($F_{1,29} = 1,5$; $p = 0,23$).



Obr. 23. Rozdíly bezvodé aktivní tělesné hmotnosti před a po otužování u skupin e1 + e2 v závislosti na počtu otužování.

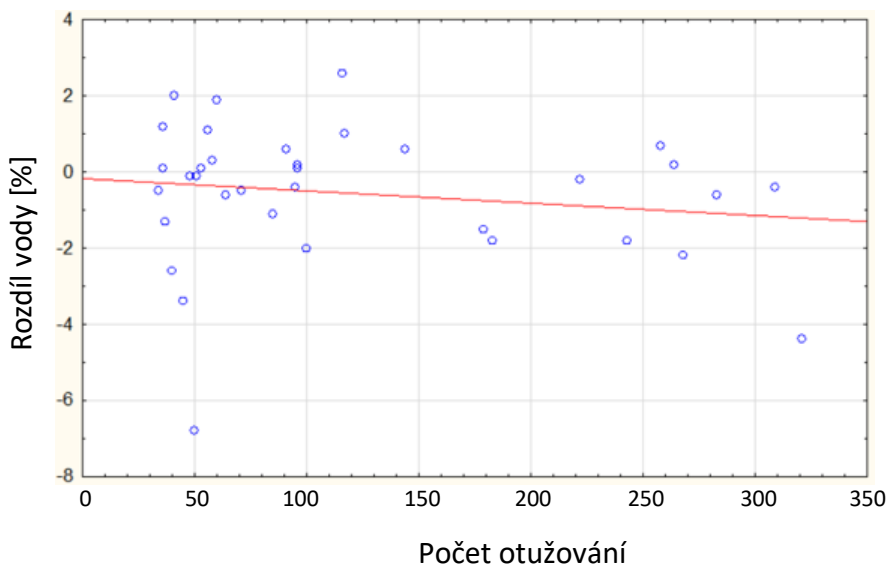
Jak lze vidět z obr. 23, s rostoucím počtem otužování roste i rozdíl bezvodé aktivní tělesné hmotnosti (BATH) ve sledovaném období. Změna BATH je na počtu signifikantně

závislá ($p < 0,01$), počet otužování vysvětlil 18,09 % variability změny BATH ($r^2 = 0,1809$).
 Rovnice lineární regrese je změna BATH = $-0,311 + 0,003x$, kde x = počet otužování.



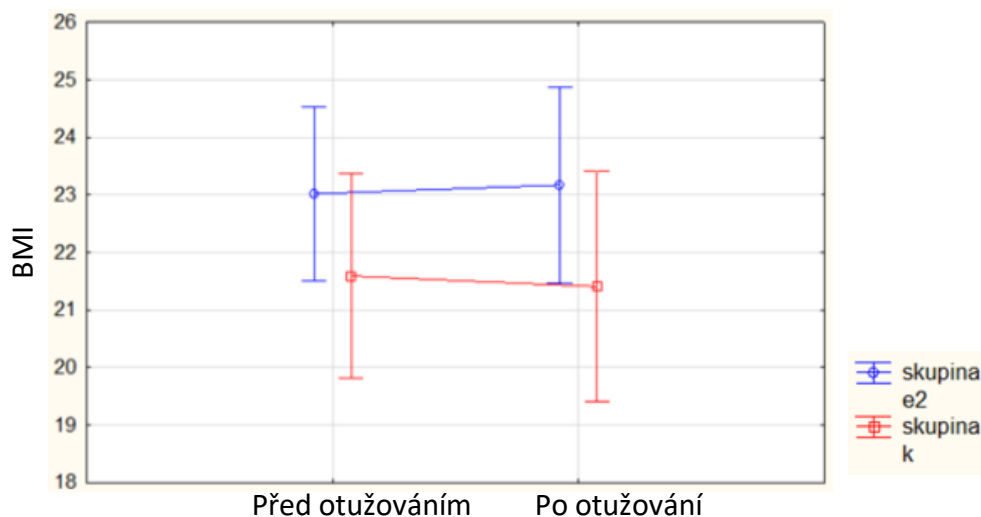
Obr. 24. Porovnání vody v těle u skupin e2 a k.

Zatímco v kontrolní skupině **tělesná voda** vyhodnocená přístrojem Bodystat během sledovaného období mírně vzrostla, v experimentální mírně poklesla (Obr. 24). Rozdíly ale nejsou statisticky průkazné – podle Anovy opakovaných měření není významný vliv času ($F_{1,29} = 0,1$; $p = 0,76$) ani vliv skupiny na změnu tělesné vody ($F_{1,29} = 1,0$; $p = 0,32$).



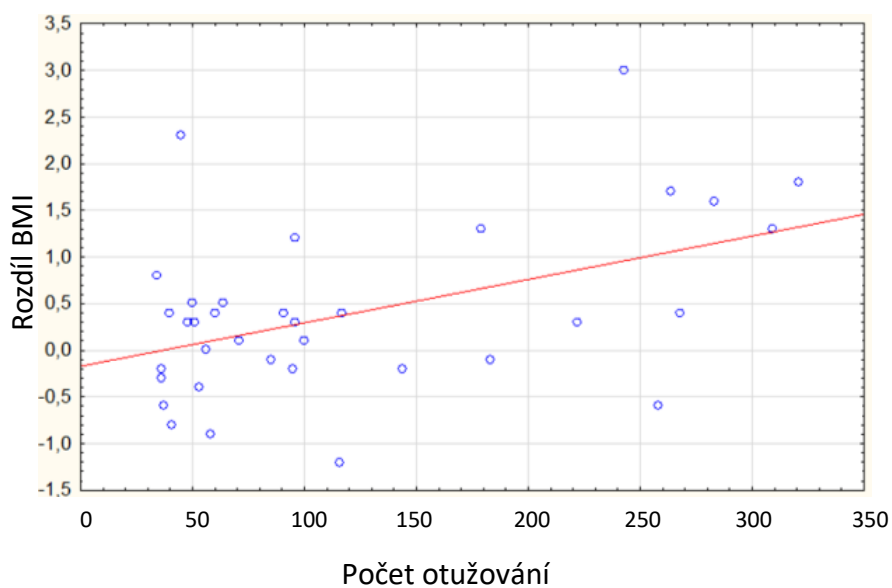
Obr. 25. Rozdíly v obsahu tělesné vody před a po otužování u skupin e1 + e2 v závislosti na počtu otužování.

S rostoucím počtem otužování klesá i změna tělesné vody (Obr. 25), ale daná závislost není statisticky průkazná ($p = 0,35$).



Obr. 26. Porovnání BMI u skupin e2 a k.

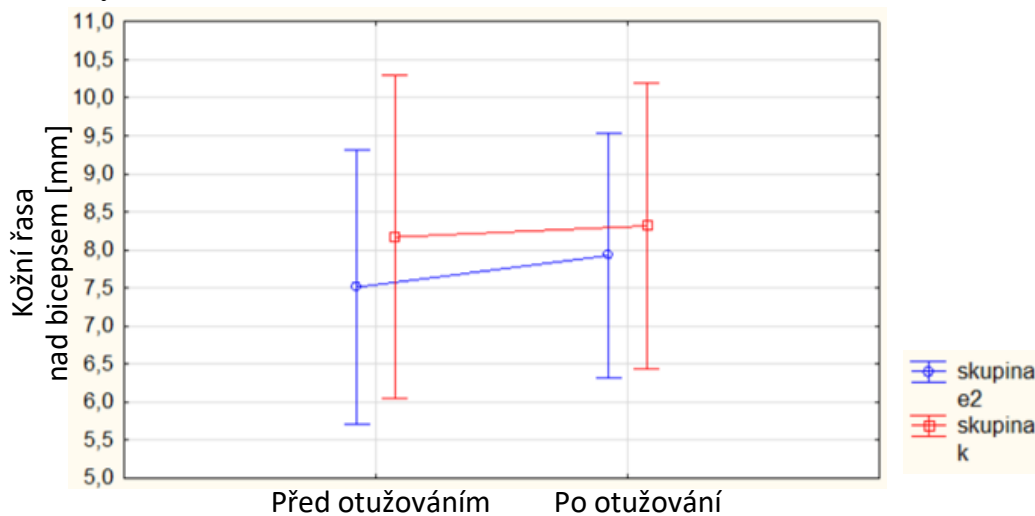
V kontrolní skupině průměrná hodnota **BMI** (Body Mass Index) během sledovaného období mírně poklesla, v experimentální naopak mírně vzrostla (Obr. 26). Rozdíly ale nejsou statisticky průkazné – podle Anovy opakovaných měření není významný vliv času ($F_{1,29} = 0,02$; $p = 0,89$) ani vliv skupiny na změnu BMI ($F_{1,29} = 1,8$; $p = 0,19$).



Obr. 27. Rozdíly v BMI před a po otužování u skupin e1 + e2 v závislosti na počtu otužování.

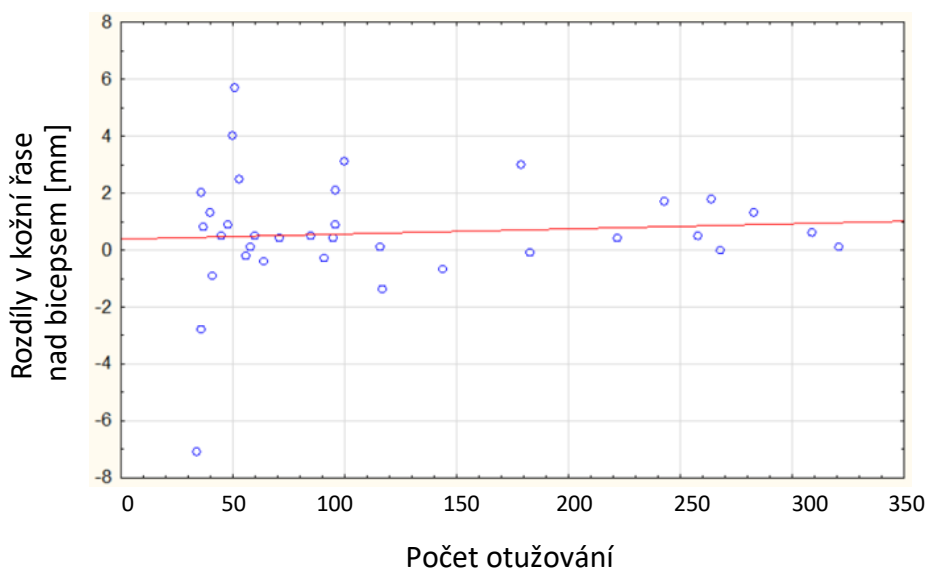
Jak je vidět z obr. 27, s rostoucím počtem otužování roste i rozdíl BMI ve sledovaném období. Změna BMI je na počtu signifikantně závislá ($p < 0,01$), počet otužování vysvětlil 21,55 % variability změny BMI ($r^2 = 0,2155$). Rovnice lineární regrese je změna BMI = - 0,171 + 0,005x, kde x = počet otužování.

Kožní řasy



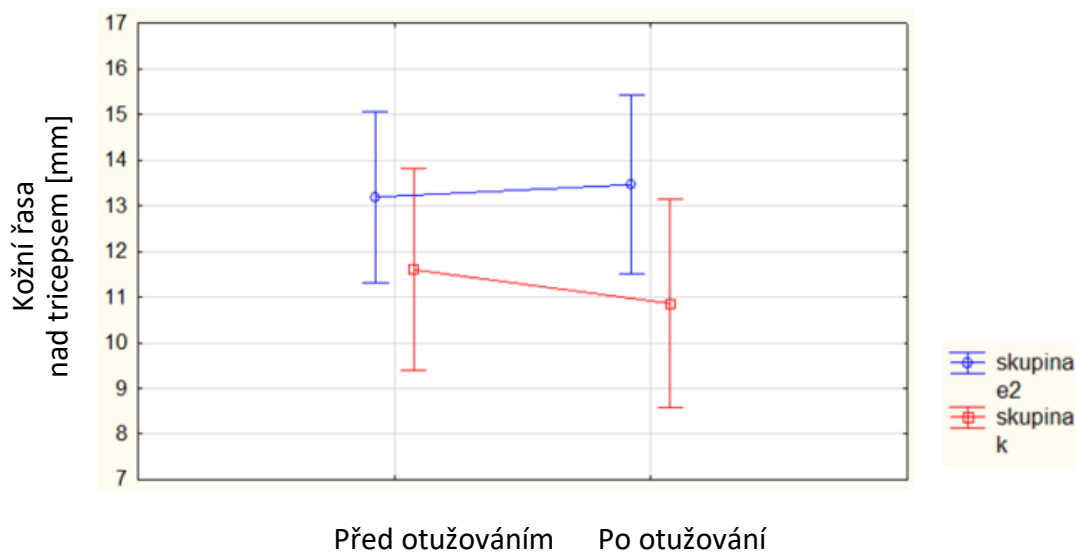
Obr. 28. Porovnání kožní řasy nad bicipsem u skupin e2 a k.

V kontrolní skupině **kožní řasa nad bicipsem** (KŘnB) během sledovaného období mírně vzrostla, v experimentální vzrostla o něco více (Obr. 28). Rozdíly ale nejsou statisticky průkazné – podle Anovy opakovaných měření není významný vliv času ($F_{1,29} = 0,30$; $p = 0,60$) ani vliv skupiny na změnu KŘnB ($F_{1,29} = 0,07$; $p = 0,80$).



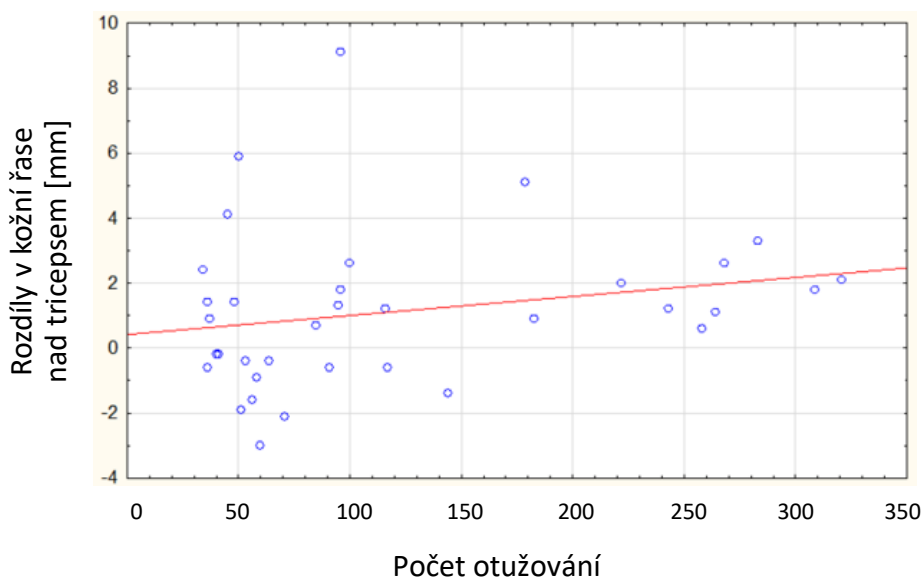
Obr. 29. Rozdíly kožní řasy nad bicipsem u skupin e1 + e2 v závislosti na počtu otužování.

S rostoucím počtem otužování mírně roste i změna kožní řasy nad bicipsem (Obr. 29), ale daná závislost není statisticky průkazná ($p = 0,65$).



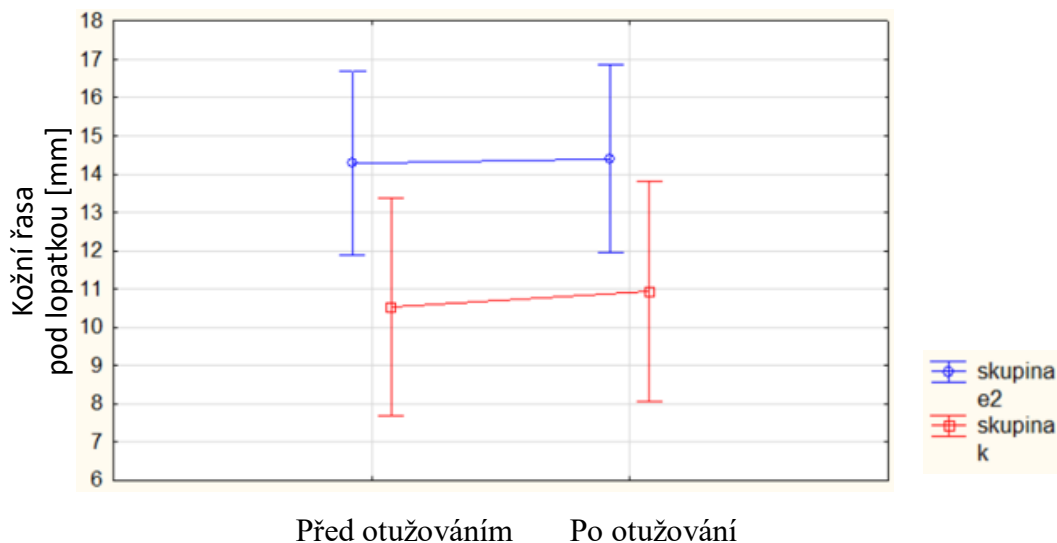
Obr. 30. Porovnání kožní řasy nad tricepsem u skupin e2 a k.

V kontrolní skupině **kožní řasa nad tricepsem** (KŘnT) během sledovaného období poklesla, v experimentální naopak vzrostla (Obr. 30). Rozdíly ale nejsou statisticky průkazné – podle Anovy opakovaných měření není významný vliv času ($F_{1,29} = 0,43$; $p = 0,52$) ani vliv skupiny na změnu KŘnT ($F_{1,29} = 2,02$; $p = 0,17$).



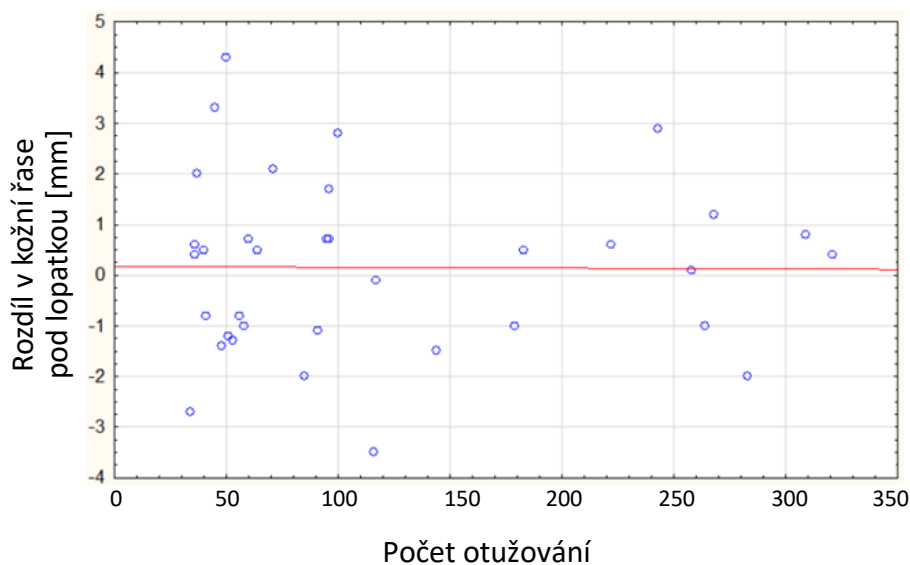
Obr. 31. Rozdíly kožní řasy nad tricepsem u skupin e1 + e2 v závislosti na počtu otužování.

S rostoucím počtem otužování mírně roste i změna kožní řasy nad tricepsem (Obr. 31), ale daná závislost není statisticky průkazná ($p = 0,20$).



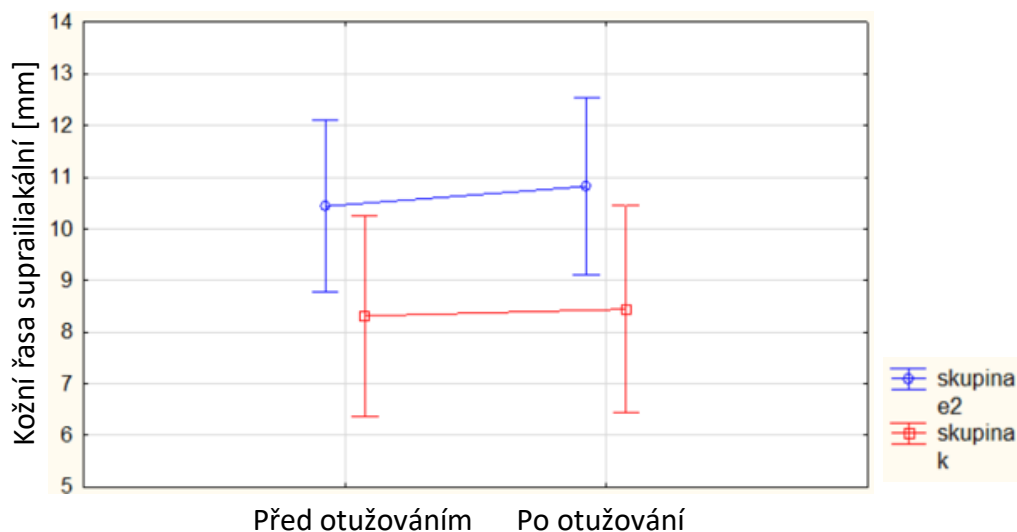
Obr. 32. Porovnání kožní řasy pod lopatkou u skupin e2 a k.

V kontrolní skupině **kožní řasa pod lopatkou** (KŘpL) během sledovaného období vzrostla, v experimentální vzrostla nepatrně (Obr. 32). Rozdíly ale nejsou statisticky průkazné – podle Anovy opakovaných měření není významný vliv času ($F_{1,29} = 0,71$; $p = 0,41$) ani vliv skupiny na změnu KŘpL ($F_{1,29} = 0,22$; $p = 0,64$).



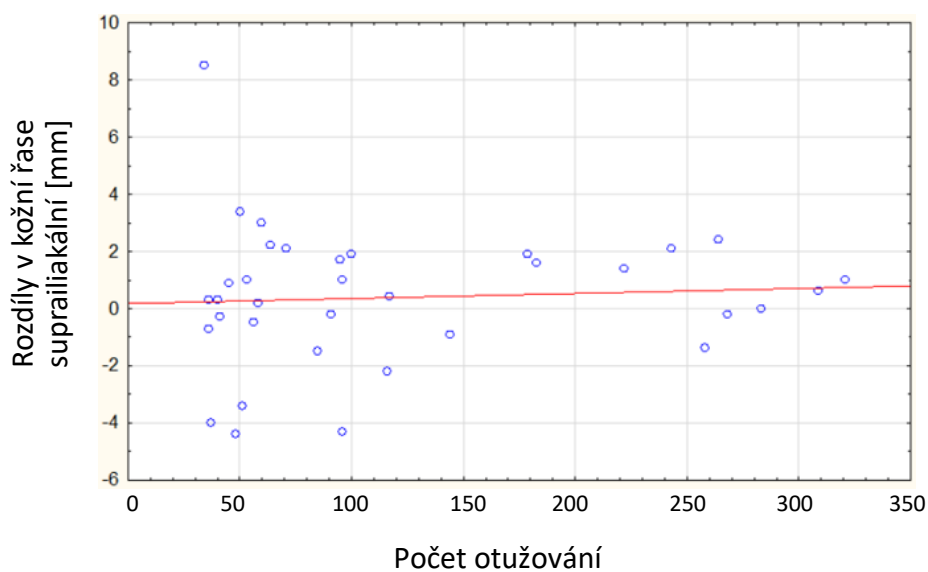
Obr. 33. Rozdíly kožní řasy pod lopatkou u skupin e1 + e2 v závislosti na počtu otužování.

S rostoucím počtem otužování minimálně klesá i změna kožní řasy pod lopatkou (Obr. 33), ale daná závislost není statisticky průkazná ($p = 0,96$).



Obr. 34. Porovnání kožní řasy suprailiakální u skupin e2 a k.

V kontrolní skupině **kožní řasa suprailiakální** (KŘS) během sledovaného období mírně vzrostla, v experimentální vzrostla patrně (Obr. 34). Rozdíly ale nejsou statisticky průkazné – podle Anovy opakovaných měření není významný vliv času ($F_{1,29} = 0,33$; $p = 0,57$) ani vliv skupiny na změnu KŘS ($F_{1,29} = 0,08$; $p = 0,78$).



Obr. 35. Rozdíly kožní řasy suprailiakální u skupin e1 + e2 v závislosti na počtu otužování.

S rostoucím počtem otužování poklesla i změna kožní řasy suprailiakální (Obr. 35), ale daná závislost není statisticky průkazná ($p = 0,71$).

Výpočet procentuálního zastoupení tělesného tuku z kožních řas pomocí regresních a Siriho rovnic.

Nejprve byla vypočítána regresní rovnice, jíž byla zjištěna hustota těla. Tato hodnota byla následně použita do Siriho rovnice pro výpočet tělesného tuku v procentech. Procentuální hodnota tělesného tuku byla vypočítána pro každého jedince samostatně. Následně byl vypočítán průměr s odchylkou pro každou skupinu zvlášť, a to před a po otužování. K porovnání byly tyto hodnoty vypočítány také z dat naměřených přístrojem Bodystat.

Tab. VII. Porovnání hodnot vypočítaných pomocí regresních a Siriho rovnic s daty z Bodystatu.

Skupina	Průměr % BF ± sm. odchylka (kožní řasy)		Průměr % tuku ± sm. odchylka (Bodystat)	
	před o.	po o.	před o.	po o.
e1	23 ± 8	24 ± 8	22 ± 9	23 ± 9
e2	22 ± 6	22 ± 7	20 ± 7	21 ± 7
k	19 ± 6	19 ± 6	17 ± 6	17 ± 6

V Tab. VII. vidíme porovnání průměru s odchylkou u procenta tuku vypočítané přes regresní rovnice z naměřených kožních řas pomocí kaliperu v porovnání s průměrem, kde hodnoty byly získány pomocí Bodystatu. Hodnoty byly měřeny vždy před otužováním a po něm. Výsledky ukazují, že výpočet průměru z kožních řas je vždy větší než u dat z Bodystatu v každé skupině. Dále je vidět, že u obou experimentálních skupin je hodnota po otužování vyšší než před otužováním. V kontrolní skupině se průměrná hodnota tělesného tuku nezměnila vlivem otužování při výpočtu přes rovnice ani při dat z Bodystatu.

5 DISKUZE

Analýza rozptylu potvrdila statistickou průkaznost u rozdílů: tělesné hmotnosti ($p < 0,01$), obvodu pravé paže ($p < 0,00$), obvodu boků ($p < 0,00$), BMI ($p < 0,01$), bezvodé aktivní tělesné hmotnosti ($p < 0,01$). Statisticky významný je dle Anovy opakovaných měření vliv času na hodnotu bezvodé aktivní tělesné hmotnosti ($p = 0,01$).

Statisticky průkazný rozdíl tělesné hmotnosti znamená, že čím více krát se obě experimentální skupiny otužovaly během sledované doby, tím byla jejich tělesná hmotnost vyšší. S přibývajícím počtem otužování docházelo ke zvýšení také dalších tělesných charakteristik (obvod boků, obvodu pasu, obvod pravé paže). Otužování mělo statisticky významný vliv také na zvýšení rozdílů bezvodé aktivní tělesné hmotnosti a BMI, neboť BMI souvisí s tělesnou hmotností. S přibývajícím počtem otužování došlo také ke snížení obsahu tělesné vody.

Na začátku studie bylo předpokládáno snížení množství tělesného tuku u otužujících se skupin. Tento předpoklad však nebyl potvrzen, jelikož jedinci provozující otužování naopak nabrali tělesný tuk a tělesnou hmotnost, zvýšilo se rovněž BMI. Nárůst hmotnosti vedl ke zvětšení obvodu pasu, obvodu pravé paže a obvodu boků.

Okolní faktory měly nejspíše významnější vliv než samotné otužování. Lze spekulovat, že tento výsledek byl ovlivněn pandemií COVID-19 a jejími omezeními. To mohlo způsobit, že studenti byli v mnoha případech bez pravidelného pohybu, tudíž mohlo docházet ke snížení kalorického výdeje.

Vzhledem k vyššímu objemu tělesného tuku kožní řasy vzrostly u experimentálních skupin na všech čtyřech místech. Rozdíl kožních řas u obou experimentálních skupin mírně rostl, v jednom případě se nezměnil (kožní řasa pod lopatkou). Výsledky z rovnic vyšly větší než hodnoty tělesného tuku z Bodystatu. U kontrolní skupiny se hodnota před a po otužování nezměnila ani v jednom případě – kožní řasy vs Bodystat (Tab. IV.).

5.1 Využití výsledků kvalifikační práce v pedagogické praxi

Vzhledem ke zvýšení množství tukové tkáně během výzkumu otužování za probíhající distanční výuky ve školách se ukazuje jako žádoucí zapojení pohybových aktivit také do této formy výuky. Přes on-line vyučování lze uskutečnit tělesnou výchovu na dálku, která může probíhat formou tanečních cvičení pro dívky a silových cviků pro chlapce. Alternativou tělesné výchovy může být výběr ze 4 sportů: chůze (3 km), běh (3 km), in-line brusle (5 km), kolo (10 km). Každý žák by si mohl zvolit jeden z navržených sportů a jedenkrát týdně jej splnit. Trasu zaznamená pomocí mobilní aplikace (např. Sports Tracker, adidas Running by Runtastic), kterou pak pošle učiteli. Pro větší motivaci je ideální zapojit rodiče.

6 ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce bylo zjistit, jaký vliv má chladová expozice (studená sprcha) na tělesné charakteristiky dospělých. Konkrétně se jednalo o prokázání, zda dojde k redukci tělesného tuku aktivací hnědé tukové tkáně vlivem chladu. Do výzkumu se zapojilo 48 studentů Pedagogické fakulty Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích ve věku 19-26 let.

Cíl této práce je vysledovat vliv chladové expozice na tělesné charakteristiky dospělých jedinců.

Výzkumná otázka 1: Má otužování sprchováním chladnou vodou vliv na zastoupení tukové tkáně?

Důležitým výsledkem je, že k redukci tělesného tuku nedošlo. Hodnoty z Bodystatu ($p = 0,41$) i kožní řasy ukázaly nárůst tukové tkáně. Změny hodnot nepovažujeme na signifikantně závislé na počtu otužování.

Výzkumná otázka 2: Má otužování sprchováním chladnou vodou vliv na tloušťku kožních řas?

Na konci výzkumu měly kožní řasy větší hodnotu než na začátku před otužováním, ovšem změny hodnot nepovažujeme za signifikantně závislé na počtu otužování. S rostoucím počtem otužování se jen mírně zvýšila tloušťka kožní řasy nad bicipsem ($p = 0,65$), kožní řasy nad tricipsem ($p = 0,20$) kožní řasy pod lopatkou ($p = 0,96$), kožní řasy suprailiální ($p = 0,71$).

Výzkumná otázka 3: Má otužování sprchováním chladnou vodou vliv na ostatní tělesné charakteristiky?

S rostoucím počtem otužování došlo u našeho souboru k nárůstu tělesné hmotnosti ($p < 0,01$) obvodu pravé paže ($p < 0,00$), obvodu pasu ($p = 0,15$), obvodu boků ($p < 0,00$), bezvodé aktivní tělesné hmotnosti ($p < 0,01$) a BMI ($p < 0,01$). Vyjma obvodu pasu změny hodnot považujeme za signifikantně závislé na počtu otužování.

S rostoucím počtem otužování došlo u našeho souboru k poklesu hodnot u aktivní tělesné hmotnosti ($p = 0,60$) a tělesné vody ($p = 0,35$), ovšem změny hodnot nepovažujeme za signifikantně závislé na počtu otužování.

Pro přesnější zhodnocení vlivu chladové expozice na tělesné charakteristiky člověka je třeba významně zvýšit počet probandů ve studii.

7 SEZNAM LITERATURY

Anonym (2021). Unit-conversion.info. Získáno 25. února 2021, z <http://www.unit-conversion.info/othertools/durnin-womersley-womens-percent-body-fat/>

Cannon, B., & Nedergaard, J. A. N. (2004). Brown adipose tissue: function and physiological significance. *Physiological reviews*, 84(1), 277-359.

Carpentier, A. C., Blondin, D. P., Virtanen, K. A., Richard, D., Haman, F., & Turcotte, É. E. (2018). Brown Adipose Tissue Energy Metabolism in Humans. *Frontiers in endocrinology*, 9, 447.

Cuttell, S., Hammond, L., Langdon, D., & Costello, J. (2017). Individualising the exposure of -110 C whole body cryotherapy: the effects of sex and body composition. *Journal of thermal biology*, 65, 41-47.

Chlíbková, D., Žáková, A., Rosemann, T., Knechtle, B., & Bednář, J. (2019). Body composition changes during a 24-h winter mountain running race under extremely cold conditions. *Frontiers in physiology*, 10, 585.

Chumlea, W. C., Roche, A. F., & Webb, P. (1984). Body size, subcutaneous fatness and total body fat in older adults. *International journal of obesity*, 8(4), 311-317.

Dinka, P., Caban, E., Čelko, J., Gúth, A., Rapák, J., & Zálešáková, J. (2008). Voda a chlad. Formát & Liečreh Gúth.

Durnin, J. V. G. A., & Rahaman, M. M. (1967). The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *British journal of Nutrition*, 21(3), 681-689.

Durnin, J. V., & Womersley, J. V. G. A. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British journal of nutrition*, 32(1), 77-97.

Hainer, V. (2004). Základy klinické obezitologie. Grada.

- Janqueira, L. C., Carneiro, J., & Kelley, R. O. (1997). *Základy histologie*, 7. vydání. H&H.
- Kleinwächterová, H., & Brázdová, Z. (1992). *Výživový stav člověka a způsoby jeho zjišťování*: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.
- Komárek, V. (2000-2017). *Jak se otužovat*. Otužilci. Získáno 17. listopadu 2020, z <http://www.otuzilci.cz/>
- Konrádová, V., Uhlík, J., & Vajner, L. (2000). *Funkční histologie*, 2. vydání. H&H.
- Kremlíková, L. (2021). *Měření tělesného složení – metoda bioelektrické impedance*. Vím, co jím. Získáno 9. března 2021, z https://www.vimcojim.cz/magazin/clanky/o-zdravi/Mereni-telesneho-slozeni---metoda-bioelektricke-impedance__s10012x19564.html
- Kryoterapie*. (2020). Mráz léčí: V Brně už 8 let. Získáno 22. října 2020, z <https://www.mrazleci.cz/kryoterapie/>
- Matoušek, P. (2021). *Kryoterapie - chlad, který léčí*. Kryocentrum Kojetín. Získáno 2. dubna 2021, z <https://www.kryocentrumkojetin.cz/kryoterapie/>
- Nahon, K. J., Boon, M. R., Doornink, F., Jazet, I. M., Rensen, P. C., & Abreu-Vieira, G. (2017). Lower critical temperature and cold-induced thermogenesis of lean and overweight humans are inversely related to body mass and basal metabolic rate. *Journal of Thermal Biology*, 69, 238-248.
- Nedergaard, J., Bengtsson, T., & Cannon, B. (2007). Unexpected evidence for active brown adipose tissue in adult humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 293(2), 444-52.
- Paidisetty, S., & Blodgett, T. M. (2009). Brown fat: atypical locations and appearances encountered in PET/CT. *American Journal of Roentgenology*, 193(2), 359-366.
- Park, A., Kim, W. K., & Bae, K. H. (2014). Distinction of white, beige and brown adipocytes derived from mesenchymal stem cells. *World journal of stem cells*, 6(1), 33.
- Patočka, O. (1965). *Abeceda otužovania a plavania*. Šport.

Ostojic, S. M. (2006). Estimation of body fat in athletes: skinfolds vs bioelectrical impedance. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 46(3), 442.

Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu: příručka funkční antropologie. Hanex

Rokyta, R., Bernášková, K., Franěk, M., Jurčovičová, J., Kozák, T., Kříž, N., Mareš, J., Matějovská I., Nohejlová, K., Pekárková, I., Pometlová, M., Rokyta, P., Rokytová, V., Šlamberová, R., Štofková, A., & Yamamotová, A. (2015). Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi. Grada.

Skalská, M. (2021). *Svaly, tuky, kosti, voda...vyšetření tělesného složení*. Pro fit institut. Získáno 28. února 2021, z

https://www.profitinstitut.cz/Svaly_tuky_kosti_voda%E2%80%A6vysetreni_telesneho_slozeni-70

Snítily, D. (2019). *Trocha teorie*. EStránky věnované převážně FITNESS. Získáno 18. února 2021, z <https://efitness.estranky.cz/clanky/trocha-teorie/>

Stephens, J. M., Argus, C., & Driller, M. W. (2014). The relationship between body composition and thermal responses to hot and cold water immersion. *Journal of Human Performance in Extreme Environments*, 11(2), 1.

Svitkovskaja, L., & Trávníčková, A. (2009). Léčba chladem: Voda, vzduch, kryoterapie. Eugenika.

Štaifová, A. (1989). Otužování dětí. Avicenum.

Tintěra, J., & Kvapilík, J. (1985). Zdravotní propedeutika pro posluchače odborného studia – obor rehabilitace. Praha: Univerzita Karlova.

Trojan, S., Hrachovina, V., Kittnar, O., Koudelová, J., Kuthan V., Langmeier, M., Mareš, J., Marešová, D., Mourek, J., Pokorný, J., Sedláček J., Schreiber, M., Trávníčková, E., & Wunsch, Z. (2003). Lékařská fyziologie. Grada.

van Marken Lichtenbelt, W. D., Vanhommerig, J. W., Smulders, N. M., Drossaerts, J. M., Kemerink, G. J., Bouvy, N. D., Schrauwen, P., & Teule, G. J. (2009). Cold-activated brown adipose tissue in healthy men. *New England Journal of Medicine*, 360(15), 1500-1508.

Vignerová, J., Riedlová, J., Bláha, P., Kobzová, J., Krejčovský, L., Brabec, M., & Hrušková, M. (2006). 6. Celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže 2001 Česká republika. Souhrnné výsledky. Praha: PřF UK.

Wang, J., Thornton, J. C., Kolesnik, S., & Pierson Jr, R. N. (2000). Anthropometry in body composition: an overview. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 904(1), 317-326.

Wesołowski, R., Mila-Kierzenkowska, C., Woźniak, A., Boraczyński, T., & Sutkowy, P. (2013). Body composition analysis in regular winter swimmers and people who do not use this form of recreation. *Medical and Biological Sciences*, 27(4), 47-52.

Womersley, J., Durnin, J. V. G. A., Armstrong, W. H., & Friskey, M. (1973). An experimental study on variability of measurements of skinfold thickness on young adults. *Human biology*, 281-292.

Zeman, V. (2006). *Adaptace na chlad u člověka: možnosti a hranice*. Galén.

Příloha 1:

Výzkum vlivu otužování na lidský organismus

Vážené a milé otužilce, vážení a milí otužilci, především vám velmi děkujeme za účast v tomto výzkumu. Věříme, že pravidelným otužováním pomůžete nejenom nám při výzkumu, ale také sami sobě zlepšením zdravotního stavu.

Pokyny pro otužování jsou poměrně jednoduché – po běžném sprchování či koupeli (libovolně večer či ráno) se ještě osprchujte studenou vodou. Ze začátku klidně zkuste vodu vlažnou, postupně během 5-10 dnů ji však zkuste ochlazovat až po úplně studenou. I když nebude úplně ledová, nevadí. **Měli byste však při sprše pociťovat intenzivní chlad.** Ve studené sprše zkuste vydržet alespoň 10, později 20-30 sekund (třeba si v klidu a pomalu počítejte do 20). Když vydržíte déle, tím lépe. Voda by vám měla stékat po celém těle, především od krku dolů po zádech. Ideální je zchladit si i hlavu, ale nutné to není.

Otužovat se prosím začněte co nejdříve, celý výzkum bude dlouhodobý. Samozřejmě se nemusíte otužovat každý den – v případě akutních zdravotních potíží či jiných, i subjektivních důvodů, si studenou sprchu dávat nemusíte. Abychom však rozlišili, kdo se otužuje pravidelně každý den a kdo třeba jen 2x týdně, připravili jsme pro vás deník. Zapisujte tam prosím konkrétní datum a čas, kdy jste se studenou vodou sprchovali a přibližně délku otužování (nemusíte to měřit na stopkách, stačí přibližně pomalým počítáním).

Po přibližně 30–60 dnech, kdy by se již teplota vody měla přiblížit cílovému, konstantnímu stavu, vás požádáme o změření teploty vody, kterou se otužujete. Toto změření se bude poté ještě 2–3krát opakovat. Požádáme vás vždy, abyste si k změření teploty vody vyzvedli teploměr.

Protože chceme zaznamenávat některé změny, které se týkají vašeho tělesného i psychického stavu, požádáme vás také v nejbližší době, a poté cca 2–3 x ročně, o vyplnění dotazníků týkající se vaší psychické pohody a také jednoduché změření některých vašich tělesných parametrů přístrojem BodyStat. Termín měření si prosím vyberte na Moodle-katedra biologie-Výzkum otužování-uživatelské jméno a heslo jako do STAGu-klíč:cool.

V případě jakýchkoliv dotazů nás neváhejte kontaktovat: mhruskova@pf.jcu.cz, ditom@pf.jcu.cz.

S přátelským pozdravem

Štěpánka Anderlová
Anna Bürgerová
Martina Hrušková
Tomáš Ditrich

