

UNIVERZITA KARLOVA

FARMACEUTICKÁ FAKULTA V HRADCI KRÁLOVÉ

KATEDRA BIOLOGICKÝCH A LÉKAŘSKÝCH VĚD



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Hodnocení svalové výdrže u skupin osob s rozdílným stupněm fyzické aktivity

Markéta Pospíšilová

Vedoucí diplomové práce: PharmDr. Miroslav Kovařík, PhD.

HRADEC KRÁLOVÉ, 2018

Poděkování

PharmDr. Miroslav Kovařík PhD. za odborné vedení diplomové práce, Sabina Voplakalová za spolupráci při měření diplomové práce a Ondřej Keresteš, Hana Vondrušková, Kristýna Dvořáková, Lenka Novotná, Markéta Hanulíková, Lucie Vasilisková, Jaromír Koutecký, Lucie Marečková, Martin Huličiak, Richard Gdovin, Roman Vorel, Barbora Talová, Markéta Novotná, Simona Suchá, Veronika Sommerová, Jan Kudělásek, Anežka Lalinská, Jakub Vlk, Daniela Meszárosová, Ondřej Blažek, Katarína Tripská, Martin Bořke, Lukáš Slatinský, Anna Faltysová za účasti na měření diplomové práce.

„Prohlašuji, že tato práce je mým původním autorským dílem. Veškerá literatura a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury a v práci jsou řádně citovány. Práce nebyla použita k získání jiného nebo stejného titulu.“

V Hradci Králové 25. 4. 2018

1.	OBSAH	
2.	ABSTRAKT	6
3.	ABSTRACT	7
4.	ÚVOD	8
5.	ZADÁNÍ – CÍL PRÁCE	9
6.	TEORETICKÁ ČÁST	10
6.1	Složení těla	11
6.1.1	Tuková hmota	11
6.1.2	Tukuprostá hmota.....	13
7.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	18
7.1	Metodická část	18
7.1.1	<i>Antropometrie</i>	18
8.	VÝSLEDKY	32
8.1	Výsledky antropometrických parametrů	32
8.2	Výsledky porovnání spirometrie	34
8.3	Výsledky porovnání svalové výdrže	36
8.4	Korelace svalové výdrže s energetickým výdejem	42
8.5	Korelace svalové výdrže se spirometrickými údaji.....	44
8.6	Korelace svalové výdrže a tělesného složení	51
9.	DISKUSE	55
10.	ZÁVĚR	57
11.	POUŽITÉ ZKRATKY.....	58
	SEZNAM TABULEK	59
12.	SEZNAM OBRÁZKŮ	60
13.	SEZNAM GRAFŮ.....	60

14. POUŽITÁ LITERATURA.....	61
-----------------------------	----

2. ABSTRAKT

Cílem této práce je porovnat svalovou výdrž u skupiny osob s rozdílnou fyzickou aktivitou.

Pro tuto diplomovou práci jsme vybrali 24 osob, konkrétně 14 žen a 10 mužů ve věku 21-27 let a rozdělili jsme je do dvou skupin podle množství denní vydané energie na aktivní a neaktivní jedince.

Protože se při fyzické aktivitě mění i poměr jednotlivých složek těla, bylo součástí této práce i antropometrické měření, kde jsme zjišťovali složení těla měřených objektů metodou bioimpedance, jejich váhu a výšku. Měřené objekty jsme také podrobili spirometrii. Poté jsme pomocí myometru a síly stisku paže zkoušeli svalovou výdrž na vybraných svalových skupinách v polovině naměřené maximální síly.

Zjistili jsme významné rozdíly ve svalové výdrži různých svalových skupin. U některých svalových skupin jsme prokázali významně vyšší hodnoty svalové výdrže (měřené jako čas testu výdrže a plocha pod křivkou závislosti svalové síly na čase) u skupiny osob s vyšším denním energetickým výdejem. Podařilo se nám prokázat významnou asociaci svalové výdrže s energetického výdejem a parametry složení těla i spirometrickými parametry.

Klíčová slova: svalová výdrž, energetický výdej, bazální metabolismus, bioimpedance, dynamometrie, spirometrie, antropometrie, složení těla

3. **ABSTRACT**

Aim of this thesis is to compare muscle endurance in group of people with different physical activity.

For this thesis we chose 24 people, specifically 14 women and 10 men, who were 21-27 years old and we divided them into two groups according to their daily energy expenditure into active and inactive group.

Because of the fact that during physical activity ratio of body composition changes, part of this thesis was also anthropological measurement, where we measured body composition of every person by method of bioimpedance and also their weight and height. We also measured spirometry parameters. Then we used myometer and pinchgrip for measurement of muscle endurance in selected group of muscles in half of maximal strength.

We discovered significant differences in muscle endurance in various groups of muscle. In some groups of muscles we proved significantly higher values of muscle endurance (determined as time of endurance test and area under the curve of dependence of muscle strength on time) in the group of people with higher daily energy expenditure. We successfully proved significant association of muscle endurance with energy expenditure, body composition and spirometrical parameters.

4. ÚVOD

Fyzická aktivita je dlouhodobě známá jako faktor napomáhající k udržení či získání dobrého zdravotního stavu. Pravidelně vykonávat fyzickou aktivitu se doporučuje již od útlého dětství a pokračovat v ní v průběhu celého života. Především ve starším věku se stává jedním z důležitých parametrů, pomocí kterých lze zhodnotit další vývoj zdravotního stavu (1).

Důvod, proč má fyzická aktivita takový vliv na lidské zdraví souvisí s její schopností ovlivňovat svalovou činnost. Vykonávání fyzické aktivity přispívá ke zlepšení jak svalové výdrže, tak i maximální dosažené svalové síly. Dostatek funkční svalové hmoty je pro lidské zdraví velice důležité. Napomáhá k udržení tělesné teploty, souvisí také s hustotou kostní hmoty a ovlivňuje mnoho dalších funkcí lidského zdraví. Některé studie se také zaměřují i na vliv svalové hmoty na inzulinovou rezistenci (2).

Přestože je funkční svalová hmota pro zdraví tak důležitým parametrem, často bývá v praxi přehlížena při hodnocení zdravotního stavu a další prognózy. V odborných publikacích je možné se dočíst o přímé úměře mezi svalovou výdrží a predispozicí nebo možné diagnostice určitých typů nemocí, jako je například chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN) (3).

Další studie se pak zaměřují na souvislost mezi silou stisku ruky a délkou hospitalizace (4) nebo úmrtností u starších pacientů (5).

Ve stáří je úbytek svalové hmoty fyziologickým jevem. Z tohoto důvodu je rozdíl mezi aktivními a neaktivními staršími jedinci více viditelný. Pouze několik málo studií se zaměřuje na hodnocení funkčnosti a množství svalové hmoty mladých lidí. Proto jsme si vybrali právě tuto skupinu, abychom zjistili, zda se svalová síla a výdrž liší již v mladém věku mezi fyzicky aktivními a neaktivními jedinci.

Aby bylo možné správně zhodnotit výsledky z měření svalové výdrže, je nutné zohlednit i další parametry měřených pacientů. Mezi tyto parametry patří váha, výška a složení těla měřených subjektů.

5. ZADÁNÍ – CÍL PRÁCE

Cílem této práce je porovnat svalovou výdrž u skupiny osob s rozdílnou fyzickou aktivitou.

Protože se při fyzické aktivitě také mění tělesné složení a jsou ovlivněny i dechové funkce, dalším cílem této práce je také zjistit asociaci mezi tělesným složením, spirometrickými parametry a svalovou výdrží.

Svalová výdrž patří mezi důležité ukazatele zhodnocení zdravotního stavu pacientů. Jak již ukázalo několik jiných studií, existuje spojitost mezi svalovou výdrží a respiračními nebo koronárními onemocněními a dalšími zdravotními komplikacemi.

Již dlouho je známo, že svalovou výdrž lze ovlivnit fyzickou aktivitou ve smyslu jejího prodloužení. Většina studií se orientuje na měření starších pacientů, u kterých je rozdíl poklesu svalové výdrže u aktivních a neaktivních více signifikantní.

V této diplomové práci jsme se proto rozhodli zaměřit na otázku, zda je možné pozorovat rozdíl mezi svalovou výdrží mezi aktivními a neaktivními jedinci již v mladém věku, kdy ještě nedochází k fyziologickému úbytku síly a teoreticky odhadnout možné hrozící komplikace s přibývajícím věkem. Z tohoto důvodu byli do studie zařazeni pouze jedinci do 27 let věku.

6. TEORETICKÁ ČÁST

V současné době je kladen čím dál větší důraz na prevenci a časnou diagnostiku nemocí. Díky prevenci má pacient vyšší šanci dožít se vysokého věku při zachování dobré kvality života. V případě včasné diagnózy je u pacienta zvýšená pravděpodobnost vyléčení nebo alespoň pozastavení nemoci v počátku, kdy onemocnění pacienta neomezuje v každodenní činnosti. Důležité je také poznamenat, že prevence i včasná diagnóza snižuje ekonomickou zátěž zdravotního systému (6).

Z těchto důvodů se neustále hledají nové možnosti, jak co nejpřesněji a nejjednodušeji odhadnout rizika nemoci nebo jim předcházet. Jedním z ukazatelů, které napomáhají k hodnocení zdravotního stavu pacientů, je délka svalové výdrže. Obecně platí, že čím je delší svalová výdrž pacienta, tím se nachází v lepším fyzickém stavu. V několika studiích lze najít spojitost mezi svalovou výdrží a rehabilitací pacientů s chronickým srdečním selháním (7) nebo svalovou výdrží kvadricepsu a respiračních obtížích (8).

Svalovou výdrž je možné zvyšovat pravidelnou fyzickou aktivitou.

Pro správnou interpretaci výsledků měření svalové výdrže je ale nutné vzít v potaz ještě výsledky antropometrického měření těla, bez kterých nelze dosáhnout relevantního výstupu z měření. Do kategorie antropometrického měření patří váha, výška, obvod paže a tloušťka kožní řasy na paži měřeného subjektu. Dalším faktorem ovlivňujícím délku svalové výdrže a souvisejícími s antropometrickým měřením, je složení těla pacienta (9).

Tělesné složení lze rozdělit do několika modelových skupin. Atomový model se zabývá složením těla z pohledu prvků, které tělo obsahuje. Molekulový model se zaměřuje na sloučeniny, které jsou v těle obsaženy. Dále buněčný model, který rozděluje tělo do extracelulární tekutiny, buněčné masy a extracelulárních pevných látek. Dalším modelem je tkáňově-systémový model, jenž bere tělo z pohledu svalové, tukové a kostní hmoty. Posledním modelem je celotělový model, který se rozděluje na další tři podskupiny a je ze všech modelů nejpřesnější. V úvahu bere kritéria jako je tělesná hmotnost a výška, kožní řasa a objem těla. První podskupinou celotělového modelu je dvoukomponentový model. Tento model dělí tělo na tuk a tukuprostou hmotu. Tříkomponentový model hodnotí vodu, tuk a sušinu. Čtyřkomponentový model nejvíce rozděluje hmotu a to na tuk, extracelulární tekutinu, minerální látky a buňky (10).

Celotělový čtyřkomponentový model je považován za nejrelevantnější způsob a použili jsme ho v této diplomové práci.

Obecně platí, že aktivně sportující lidé by měli mít nižší obsah tukové hmoty a naopak vyšší obsah hmoty svalové než lidé, kteří nevykonávají fyzickou aktivitu. Měla by pak platit úměra, že čím větší obsah svalové hmoty pacient má, tím delší by měla být jeho svalová výdrž. Výhodně se tento typ měření využívá také u sportovců. Díky tělesnému složení lze pak optimálně nastavovat tréninkový program (11).

6.1 Složení těla

6.1.1 Tuková hmota

Tuk patří mezi nejvíce se měnící komponentu tělesného složení. Jeho podíl lze relativně lehce upravit změnou stravovacích návyků a tělesným pohybem. Vzniká nadbytečným příjmem energie z potravy, která není vydána pohybovou aktivitou. Jedná se o podstatnou složku těla. Její prospěšnost či škodlivost se odvozuje od jejího množství. Tuková hmota je totiž důležitým zdrojem energie a má i ochrannou funkci, je zdrojem tělesného tepla, má vliv na vstřebávání lipofilních vitamínů, je prekurzorem některých hormonů a celkově je důležitá pro zdravý vývoj jedince. Je však nutné podíl tukové složky udržovat v rozumném množství. Je-li tukové hmoty příliš anebo málo, může u žen vzniknout problém s početím, jelikož je právě tuk důležitým kritériem pro výživu plodu (12).

Naopak v případě, že je tukové složky mnoho, hrozí pacientům jeho ukládání v cévním řečišti a vznik aterosklerózy, která je predispozicí pro vznik akutního infarktu myokardu nebo ischemické choroby dolních končetin. Tuková hmota je také důležitým faktorem pro vznik a průběh řady nemocí (13).

Tuková hmota v těle často přibývá na úkor hmoty svalové, což má také vliv na svalový výkon. Samozřejmě procento tělesného tuku je ovlivněno i pohlavím, přičemž ženy mají přirozeně větší podíl tuku (okolo 23 %) než muži (15 %). Doporučené rozmezí obsahu tělesného tuku do 30 let věku je 9–15 % u mužů a 14–21 % u žen. S přibývajícím věkem se obsah tukové složky v těle zvyšuje (14).

Při antropometrickém měření tehdejší československé populace vědci zjistili, že u žen dochází ke zvyšování procentuálního zastoupení tuku především mezi 6. a 19. rokem z 15,5 % na 22,5 %. Poté se množství tělesného tuku stabilizuje a k jeho nárůstu dochází opět po 25. roce. U mužské části populace dochází ke zvyšování podílu tukové hmoty obdobně jako u ženské, ačkoliv u žen je absolutní i relativní podíl tukové hmoty vždy vyšší než u mužů (15).

Tukové buňky se nazývají adipocyty. Tento typ tukových buněk je opředen retikulárními vlákny, které kolem něj tvoří síť. Společně je pak udržuje malé množství vmezeřeného vaziva. Adipocyty vytvářejí skupinky připomínající složení velkých žláz tím, že jsou sdruženy do lalůčků. (16).

Tuková složka v těle se dá rozdělit na bílou a hnědou tukovou tkáň. V posledních výzkumech se objevuje i hmota béžová, která vlastnostmi připomíná bílou i hnědou tukovou tkáň a mohla by hrát roli u některých onemocnění (17).

Typy tukové tkáně se liší především funkcí, morfologickou strukturou, regulací a umístěním. Co však mají společné, je schopnost ukládání energie v podobě triacylglycerolů. Tato energie je pak uvolňována bílou tukovou hmotou v podobě volných mastných kyselin, které jsou následně přeměňovány na teplo hnědou tukovou tkání. Množství bílé, hnědé a béžové hmoty je ovlivněno pohlavím, výživou, zdravotním stavem a věkem. Jeho množství tudíž není celý život stabilní, ale mění se (18).

6.1.1.1 Bílá tuková tkáň a viscerální tuk

Bílá tuková tkáň je hlavní zásobou tělesné energie. Jak již bylo uvedeno dříve, je v těle uložena ve formě triacylglycerolů, které jsou v případě potřeby štěpeny a využívány jako zdroj energie. Zastoupení tohoto typu tukové hmoty u člověka je velice variabilní. Hlavním úložištěm u žen je oblast boků. U mužů se jedná o oblast břicha, kde se ukládá i ve formě nebezpečného viscerálního tuku (19).

Zvětšení podílu tuku je možno dvěma způsoby – hypertrofií a hyperplazií, přičemž způsob zvětšení podílu tukové tkáně v těle se odvíjí od genetického základu i diety (20).

Viscerální tuk je složen z menších adipocytů, které obsahují vyšší podíl mastných kyselin. Ve viscerálním tuku je uloženo také větší množství makrofágů a představuje tak větší nebezpečí pro lidské zdraví než tuk podkožní (21).

Viscerální tuk, který obklopuje a částečně vystýlá vnitřní orgány, je chrání před nárazy a možným poškozením. Přirozeně ho obsahuje každé lidské tělo. Jeho nebezpečí je spojeno s jeho nepřírozeně vyšším obsahem. Jedná se totiž o metabolicky aktivní hmotu, která produkuje kromě hormonů také zánětlivé substance, jako je například tumor nekrotizující faktor α (TNF α) nebo interleukin-6, který v těle vyvolávají zánět a snižují citlivost tkání k inzulínu. Tento jev pak může vést až ke vzniku diabetu mellitu 2. typu. Naopak při obezitě je snižena produkce adiponektinu. Adiponektin je produkován adipocyty a jsou mu přisuzovány protizánětlivé a antiaterogenní účinky. V případě, kdy je v těle tohoto hormonu málo, dochází k opačnému jevu a zvýšení proaterogenní a zánětlivé reakce (22).

6.1.1.2 Hnědá tuková tkáň

Hnědá tuková tkáň, jak již napovídá název, se od bílé tukové tkáně liší nejen barvou, ale i složením. Hnědý tuk je důležitý pro termoregulaci. Je proto velice dobře prokrvený a obsahuje i větší množství mitochondrií, které se podílejí na tvorbě tepla. Tento typ tuku je typický především pro novorozence. S věkem postupně dochází k jeho ubývání. Nejnovější studie ale prokazují možnost přeměny bílého tuku na tuk hnědý působením chladu. Tělo se totiž snaží dodat tělu potřebné teplo pro jeho správné fungování a přeměňuje tak bílý tuk v hnědý, který je schopen potřebnou tepelnou energii dodat (23).

6.1.1.3 Rozložení tuku

Pro fyzické zdraví je důležité nejen množství tukové hmoty, ale také její uložení. Pokud má pacient větší množství tělesného tuku, než je doporučované, ale nachází se především ve formě podkožního tuku, má daleko lepší šanci si udržet fyzické zdraví než pacient, který má sice tělesného tuku optimální množství, ale je uložen ve formě tuku viscerálního. Je to z toho důvodu, že viscerální tuk je metabolicky aktivní hmota, jak již bylo popsáno výše (19,22).

6.1.2 Tukuprostá hmota

Tukuprostá hmota zahrnuje všechny ostatní složky lidského těla kromě tukové hmoty. Patří sem svalová tkáň, kostní tkáň, minerální látky, orgány a také tělní tekutiny. Tukuprostá hmota je obecně definována jako rozdíl celkové hmotnosti a hmotnosti tělesného tuku. Svalstvo tvoří zhruba 60 % z celkové tukuprosté hmoty. Dalšími minoritními složkami tukuprosté hmoty jsou opěrné a pojivové tkáně (25 %) a vnitřní orgány (15 %) Značná část je také tvořena vodou (13).

Protože je přirozeně větší podíl svalové hmoty u mužů než žen, je také logické, že i podíl tukuprosté hmoty bude větší u mužů než u žen. Samozřejmě tento rozdíl je získáván až s přibývajícím věkem. Rozdíly v obsahu tukuprosté hmoty jsou během dětství a dospívání mezi muži a ženami malé. Přelom nastává až kolem 16. roku života, kdy u mužů dochází k markantnímu zvýšení tukuprosté hmoty. U dívek k tomuto jevu dochází již kolem 13. roku (24).

Na zvýšení podílu tukuprosté hmoty se přirozeně podílí pohybová aktivita, která nejen zvyšuje množství svalové hmoty, ale také její kvalitu. V závislosti na typu pohybové aktivity pak svalová hmota přibývá různou rychlostí a v jiném množství. Nejvyšší množství svalové hmoty dosahují sportovci vykonávající silový sport. Ačkoliv ženy mají přirozeně menší podíl svalové hmoty, jsou schopné při pravidelném tréninku vybudovat svalovou hmotu stejně, jako muži (24).

Z toho také vyplývá, že sportovně aktivní žena může dosáhnout vyššího množství svalové hmoty než muž, který se sportu nevěnuje. Rychlost nebo kvalita příbytku nebo úbytku svalové hmoty je dána z části i geneticky (25).

6.1.2.1 Tukuprostá hmota a její vliv na pohybovou aktivitu

Jak již bylo zmíněno výše, mezi tukuprostou hmotu řadíme také svaly, které jsou u lidí zodpovědné za schopnost vykonávat pohyb. Co se však liší, je podíl svalové hmoty, která se na vykonávání jednotlivých pohybů podílí. Posoudit míru, s jakou je využívána pro pohyb tukuprostá hmota, lze poměrem extracelulární hmoty (hmota, která je uložena mimo buňku) a buněčné hmoty. Pomocí tohoto poměru je možné také zhodnotit výživový stav pacienta. Míru aktivity lidského organismu pomáhá tento koeficient určovat také například u starších jedinců. Jako optimální se udává poměr 0,7–0,8. Tukuprostá hmota je pro pohybovou aktivitu více využívána, čím index dosahuje nižší hodnoty. Naopak využívána je méně, pokud index dosahuje hodnoty vyšších než 0,8 (13,24).

Zvýšené hodnoty mohou také souviset se sníženým množstvím buněčné hmoty, dehydratací nebo s edémy.

6.1.2.2 Svalstvo

Svaly tvoří nezastupitelnou součást lidského těla. Díky svalům jsme schopni pohybu, dýchání, pracuje nám srdce i jsme schopní strávit přijatou potravu. Lidské tělo obsahuje zhruba 600 svalů, které jsou tvořeny zhruba ze 70 % vodou a z 20 % proteiny. V lidském těle se nachází tři typy svalů. Do skupiny žíhaných svalů patří kosterní svalstvo a srdeční sval. Jejich příčné pruhování je způsobeno přítomností aktinových a myozinových vláken. Další skupinu tvoří hladké svalstvo, které je součástí útrobních orgánů a cév (výjimkou jsou kapiláry). Všechny typy svalů mají společný obsah kontraktilních buněk. Ty se mohou skládat v myofibrily, které jsou schopny přeměňovat chemickou energii na kinetickou a vytvářet tak svalový pohyb. Buňky svalů jsou taktéž protaženy do délky, aby byly schopny vykonávat kontrakci (26).

Množství svalové hmoty se v průběhu života mění. U žen dochází k nárůstu svalové hmoty dříve než u mužů – v průběhu 13. roku života, zatímco u mužů až okolo 16. roku. Jeho další vývoj záleží na pohybové aktivitě. Samozřejmě s přibývajícím věkem dochází také k degradaci svalové hmoty, ale pohybovou aktivitou lze degradaci značně oddálit. U nesportujících jedinců dochází ke svalové degradaci již zhruba okolo 25. roku (27).

Jako optimální množství svalové hmoty se pro ženy udává 15,2 %, u mužů pak 16,5 % (14).

Jednotlivé zdroje se ale v hodnotách optimálního množství značně liší. Samozřejmě u sportujících jedinců může být podíl svalů na celkové hmotnosti vyšší. Největší podíl svalové hmoty mají siloví sportovci. Množství svalové hmoty je ale ovlivněno i dalšími faktory než jen fyzickou aktivitou. Vliv má také pohlaví, věk, genetická predispozice a celkové množství tuku. Muži mají přirozeně více svalové hmoty než ženy (24).

6.1.2.2.1 Kosterní svalstvo

Jak již bylo zmíněno výše, kosterní svalstvo patří do skupiny žíhaných (příčně pruhovaných) svalů. Jejich typické žíhání je způsobeno přítomností aktinových a myozinových vláken, které se skládají v myofibrily. Myofibrily pak společně se svalovými obaly tvoří svalové vlákno. Svalová vlákna se dohromady spojují ve sval. Sval je posléze šlachou připojen ke kosti. Hlavní funkcí kosterních svalů je pohyb jedince. Kosterní svaly se vyznačují schopností přeměňovat chemickou energii na kinetickou a teplo (28).

V lidském těle existují dva typy kosterního svalstva – červená a bílá. Každý člověk má oba dva druhy vláken. Liší se však jejich poměrem, který je dán geneticky. Tento poměr se ale v průběhu života může měnit. Červená vlákna obsahují větší podíl mitochondrií, jader i cytoplasmy (cytoplasma svalů se označuje jako sarkoplasma). Jejich červená barva je dána větším množstvím hemoglobinu. Na rozdíl od bílých svalových vláken jsou také tenčí. Jsou pomaleji stažitelná, ale zase mají delší výdrž. Bílá vlákna naopak obsahují méně cytoplasmy, mitochondrií, jader i hemoglobinu. Jsou rychleji stažitelná, ale snadněji dochází k jejich únavě (29).

Funkčně se kosterní svaly dělí na posturální a fázické. Posturální svaly mají za úkol udržovat základní polohu těla. Tím, že jsou posturální svaly v neustálém napětí, mají tendenci ke zkracování. Svaly fázické jsou vykonavateli pohybů. Právě díky kosterním svalům jsme schopni vykonávat vědomé pohyby, jako je například chůze (28).

6.1.2.2.2 Hladké svalstvo

Hladké svalstvo tvoří především stěny vnitřních orgánů a cév. Najdeme ho ale například i v duhovce. Od kosterního a srdečního svalstva se odlišuje svým vzhledem i složením. Skládá se z podlouhlých vřetenovitých buněk, které se ovšem nespojují v myofibrily a tak jim chybí i příčné pruhování, ačkoliv také obsahují aktin a myozin. Na rozdíl od kosterních svalů nejsou ovladatelné vůlí. V těle zajišťují životně důležité pochody, jako je například trávení nebo dýchání (30).

6.1.2.2.3 Srdeční sval

Srdeční sval patří společně s kosterními svaly do skupiny žíhaných svalů. Je tvořen jednotlivými buňkami – kardiomyocyty. Kardiomyocyty jsou dohromady spojeny interkalárními disky, které se pod mikroskopem jeví jako šikmé přepážky. Společně vytvářejí srdeční sval, který je bohatě prokrvený. Jedná se o typ svaloviny, která také není ovládána naší vůlí. Stahy srdečního svalu jsou stálé a rytmické. Pokud dojde k porušení stálosti nebo rytmu, může dojít až ke smrti. Tento typ svalu se nachází pouze v srdci (31).

6.1.2.3 Kostra

Kostra tvoří pevnou konstrukci, na kterou se upínají svaly, šlachy i klouby a je tak základní opornou částí těla. Určuje výšku, proporce i tvar těla. Zralá kost se skládá z hutní a houbovité kostní tkáně. Hutná kost tvoří povrch kosti. Houbovitá je uložena uvnitř kosti. Díky její struktuře jí mohou procházet nervy a cévy. Uvnitř houbovité kostní tkáně se také nachází kostní dřev, která vytváří buňky krevní řady, jako jsou červené a bílé krvinky. Nejedná se tedy o stabilní a neměnnou tkáň, jak by se na první pohled mohlo zdát, ale o dynamickou strukturu uvnitř které vznikají nové krevní elementy (32).

Kost se ale také přestavuje sama. Nejnápadnější je tato činnost v mladším věku, kdy člověk roste a je potřeba kosti často přestavovat a prodlužovat. S přibývajícím věkem přestavba kostí ztrácí na rychlosti a dochází i k její degradaci. V průběhu života lze ovlivnit kvalitu našich kostí správnou stravou a také fyzickou aktivitou, která pomáhá utvářet hutnější kostní hmotu. Pevnější kosti jsou pak více odolné zlomeninám. Při narození má člověk více než 270 kostí, které postupně srůstají. V dospělosti lidské tělo tvoří 206 kostí (33).

Abychom dokázali přesněji stanovit ideální hmotnost, musíme brát v úvahu podíl hmotnosti kostry na celkové tělesné váze (34).

6.1.2.4 Tělesná voda

Tělesná voda tvoří nezanedbatelnou komponentu lidského těla. U dospělých žen tvoří zhruba 50 % tělesné hmotnosti. U mužů ještě o 10 % více. Tělo kojenců a dětí má větší obsah vody a naopak u starších osob je obsah vody menší. Z tohoto důvodu jsou senioři a děti nejvíce náchylní na dehydrataci (35).

Největší množství vody se nachází v tělních tekutinách (krev, lymfa, pot, sliny, atd.), následně pak ve svalech a kůži. Naopak nejméně vody obsahují kosti a tuk (36).

Voda má v těle několik důležitých úkolů. Například se podílí na tepelném hospodářství, je rozpouštědlem pro živiny a plyny, vytváří tělesné životní prostředí a udržuje stálost vnitřního prostředí (homeostázu) (35).

Jak již bylo zmíněno, obsah vody v těle se v průběhu života mění. Dalšími faktory jsou, kromě věku, také pohlaví, kdy ženy mají méně tělesné vody než muži a vyšší množství tukové hmoty. Jedinci s menším množstvím tukové hmoty mají více tělesné vody. Vychází to z faktu, že tuková buňka obsahuje malé procento vody. Proto v přepočtu na tělesnou hmotnost mají jedinci s větším množstvím tuku v těle méně vody (36).

Vodu lze také rozdělit na extracelulární (ta se nachází mimo buňky) a intracelulární (uvnitř buněk). Intracelulární tekutiny je více než extracelulární tekutiny. V přepočtu na procenta tvoří intracelulární tekutina 40 % a extracelulární 20 %, pokud bereme v potaz dospělého muže s 60 % tělesné vody. Intracelulární a extracelulární tekutiny jsou od sebe navzájem odděleny plazmatickou membránou (37).

7. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

7.1 Metodická část

Pro tuto diplomovou práci jsme vybrali 24 zdravých jedinců do 30 let věku. Pohlaví při výběru měřených objektů nehrálo roli. Měření se zúčastnilo 10 mužů a 14 žen. Průměrný věk sledovaných osob byl 23 let. Nejmladší osoba měla 21 let, nejstarší pak 27 let. Část osob je sportovně fyzicky aktivních, druhá část nevykonává žádnou sportovní fyzickou aktivitu nebo jen ve značně omezené míře. Všechny osoby jsme poté podrobili několika vyšetřením. Zjišťovali jsme u nich výšku, váhu, množství podkožního a viscerálního tuku. Následně jsme měřili obsahové složení těla metodou bioimpedance.

Poté jsme přešli k měření maximální síly a svalové výdrže. Posledním typem měření, které jsme zjišťovali u měřených objektů, byla spirometrie. Dále jsme si po měřených objektech vyžádali seznam jejich aktivit po dobu dvou dnů v průběhu pracovního týdne a jeden den o víkendu. Těmto aktivitám jsme následně přidělili koeficient podle typu aktivity (38). Koeficient jsme vynásobili dobou, po kterou byla daná aktivita vykonávána a množstvím kalorií spálených za hodinu bazálním metabolismem. Tím jsme získali výsledné množství kalorií, které měřený objekt spálil vykonáváním určité aktivity.

Se znalostí antropometrických parametrů u jednotlivých osob jako je věk, tělesná hmotnost a výška, jsme vypočítali denní výdej energie pro každou osobu zvlášť. Poté jsme měřené osoby rozdělili do dvou skupin podle denního výdeje energie na 75 % s nejvyšším množstvím denní vydané energie a na zbylých 25 % s nejnižším denním výdejem energie. Do první skupiny patřilo 18 lidí (z toho 9 mužů a 9 žen) a do druhé skupiny 6 osob (1 muž a 5 žen).

7.1.1 Antropometrie

Antropometrie je obor zabývající se složením, měřením a popisem lidského těla. Mezi základní antropometrické měření patří výška, váha a měření tělesných obvodů, jako je například obvod pasu nebo končetin. V dnešní době moderních technologií lze složení těla měřit více do detailu a využívat k tomu různé přístroje.

7.1.1.1 Výška

Tělesná výška je u každého jedince do značné míry daná geneticky. Genetické predispozice ale mohou být ovlivněny i jinými faktory, kvůli kterým nakonec člověk s geny pro vysokou výšku může být nakonec malý. Těmito faktory jsou především výživa, která má vliv na vývoj kostí. Pokud je výživa nedostatečná a kosti nejsou správně vyživovány, člověk i přes genetickou výbavu vysoké výšky nedosáhne (39).

Dalším faktorem jsou hormony, které mají vliv na dosaženou výšku. Jedním z nejdůležitějších hormonů ovlivňujících výšku je růstový hormon produkovaný hypofýzou (podvěskem mozkovým). Zjednodušeně by se dalo říct, že nedostatek růstového hormonu způsobuje nanismus, což je stav, kdy člověk dorůstá pouze velmi malé výšky. Naopak nadbytek růstového hormonu způsobuje gigantismus nebo akromegalii. K akromegalii dochází, když je hormon produkován i po ukončení růstu dlouhých kostí, které nejsou nadále schopny se prodlužovat a zvětšují se tak pouze okrajové části těla. Ke gigantismu dochází u dětí, u nichž ještě nedošlo k ukončení růstu dlouhých kostí a z důvodu nadměrného působení růstového hormonu roste člověk do nadměrné výšky. Obvykle více jak dva metry. Od akromegalie se liší ale tím, že tělo je souměrně velké (40).

7.1.1.2 Hmotnost

Měření hmotnosti patří mezi základní měření lidského těla. Hmotnost je do značné míry schopna určit, jestli měřený trpí obezitou nebo je nedostatečně vyživován. Hmotnost je také do určité míry dána geneticky a značně souvisí i s tělesnou konstitucí. Pro přesné měření je tedy značně nedostatečná a důležité je zjistit i stavbu tělesného složení. Například člověk s velkým množstvím svalové hmoty může vážit stejně, jako člověk s nadměrnou tukovou složkou, ačkoliv se jejich stavba těla bude od pohledu značně lišit (14).

7.1.1.3 Obvod pasu

Obvod pasu je důležitým parametrem, který značně odpovídá množství obsaženého viscerálního tuku. Pokud je obvod pasu větší (88 cm u žen a 102 cm u mužů), je také zvýšené riziko kardiovaskulárních onemocnění a metabolických komplikací obezity, jako je například diabetes mellitus (14).

7.1.1.4 Kaliperace

Kaliperace je metoda, při které se měří tloušťka kožní řasy. Jedná se o rozšířenou metodu měření lidského těla. Předpokladem metody je fakt, že největší množství tělesného tuku je uloženo ve formě podkožního tuku. Samotné měření se provádí pomocí tukových řas, které se vytvoří stiskem palce a ukazováčku určitého místa na pacientově těle. Ke kožní řase se posléze přiloží kaliper a kožní řasa je vsunuta mezi jeho ramena. Posléze se ramena kaliperu k sobě přibližují do té doby, než ryska na jednom rameni překrývá rysku na měřícím válečku. Existuje mnoho druhů kaliperů. Pro měření této diplomové práce jsme užívali kaliper značky TRYSTOM (viz obrázek 1).

Jako při každém měření, je důležité i při měření kožní řasy měřit co nejpřesněji. Měřením se určují tři hodnoty, ze kterých se posléze vypočítá průměr. Zjištěné hodnoty se vyhodnotí podle matematických operací. Pro zjištění odhadu procenta obsahovaného tělesného tuku využíváme rovnice odlišné pro rozdílný věk, pohlaví nebo tělesnou aktivitu (41).

Obrázek 1 Kaliper



(Zdroj: <http://chopn.registry.cz/index.php?pg=informacni-zazemi--navod-mereni-koznich-ras>)

7.1.1.5 Body mass index (BMI)

Jestliže tělesnou hmotnost vydělíme tělesnou výškou udanou v metrech umocněnou na druhou, dostaneme hodnotu, která se označuje jako body mass index (BMI). Tato hodnota určuje, jestli člověk trpí nadváhou, obezitou nebo podváhou (viz tabulka 1). Jedná se o něco přesnější metodu než samotné měření váhy. Jak již ale bylo zmíněno, důležitý je také poměr svalové a tukové složky. Tato metoda složení tělesné konstituce nebere v úvahu, a proto také patří mezi ne zcela přesné metody (42).

Tabulka 1 Kategorie BMI a zdravotní rizika

Tab. 1: Kategorie BMI a zdravotní rizika

BMI	Kategorie podle WHO	Zdravotní rizika
< 18,5	Podváha	Poruchy příjmu potravy (anorexie)
18,5 – 24,9	Normální váha	Minimální
25,0 – 29,9	Nadváha	Lehce zvýšená Zvýšená
30,0 – 34,9	Obezita stupeň I.	Středně vysoká
35,0 – 39,9	Obezita stupeň II.	Vysoká
> 40	Obezita stupeň III.	Velmi vysoká

(Zdroj: <http://www.nutriacademy.cz/lifestyle/skladba-tela-pomoci-bmi-whr-bazalni-metabolismus.php>)

7.1.1.6 Bioimpedance

K měření diplomové práce jsme používali metodu bioimpedance na přístroji BCM (Body Composition Monitor) (Fresenius Medical Care AG & Co., Bad Homburg, Germany). Touto neinvazivní metodou lze snadno a rychle zjistit složení pacientova těla. Využívali jsme tak zvanou nesegmentální metodu, kdy se nám na monitoru přístroje zobrazily hodnoty celkového složení těla a nikoliv po jednotlivých částech.

Bioimpedance je metoda, při které se pacientovým tělem nechá pomoci elektrod připevněnými ke končetinám procházet střídavý elektrický proud nízké intenzity. Využívá se při tom faktu, že při průchodu elektrického proudu lidským tělem kladou jeho jednotlivé složky proudu různý odpor. Například tuková hmota klade při průchodu elektrického proudu jiný odpor než voda, která má naopak velkou vodivou schopnost. Rozhodující je proto také podíl vody v jednotlivých složkách. Jak již bylo zmíněno, tuková i svalová složka obsahují různé množství vody, a proto také kladou různý odpor elektrickému proudu. Tuk obsahuje nejmenší množství vody, a proto také klade největší odpor. Svaly naproti tomu obsahují relativně velké množství vody, a tudíž jimi elektrický proud prochází lépe. Na základě tohoto principu můžeme zjistit obsah jednotlivých složek v lidském těle (43).

Pomocí metody bioimpedance lze zjistit hned několik veličin najednou:

- a) TBW (Total Body Water) – celkové množství vody v těle zahrnující extracelulární i intracelulární tekutinu
- b) FFM (Fat Free Mass) – hmotnost netukové tkáně
- c) FM (Fat Mass) – hmotnost tukové tkáně
- d) % FAT (Percent Body Fat) – procentuální množství tuku v těle
- e) BCM (body cell mass) – celkovou buněčnou hmotu

Tyto veličiny jsou pak klíčové k vyhodnocení tělesného složení pacienta a napomáhají k určení souvislostí mezi množstvím svalové hmoty a svalové výdrže u skupin lidí s rozdílným stupněm fyzické aktivity.

Tato metoda měření má samozřejmě také široké spektrum uplatnění i mimo vědeckou činnost. Je možné ji využít při měření sportujících, kteří si přejí zjistit, jestli jejich metoda tréninku přináší nárůst svalové hmoty. Uplatnit ji lze ale také u lidí, kteří si přejí snížit množství tukové hmoty a zároveň uchovat hodnotu hmoty svalové. Svě opodstatnění má také samozřejmě i v medicíně. Díky této metodě je možné měřit množství svalové hmoty u onemocnění, při kterých dochází k rozpadu svalové hmoty. Příklad může být amyotrofická laterální skleróza, což je autoimunitní onemocnění spojené s ubýváním svalové hmoty. Tato metoda je jedním ze způsobů, jak se ujistit, jestli je terapie úspěšná nebo nemoc nadále progreduje (44).

Další možností využití je u dialyzovaných pacientů, kteří trpí renální insuficiencí a hromadí tak v těle vodu a dusíkaté látky. Využití této metody je změření obsahu vody u těchto pacientů před dialýzou a po ní, abychom dokázali nastavit dialýzu tak, abychom pacienta dostatečně odvodnili, ale zároveň nedošlo k dehydrataci (45).

7.1.1.7 Bazální metabolismus

Bazální metabolismus je množství energie, kterou spotřebuje daný organismus pro udržení vitálních funkcí (dýchání, trávení, imunita atd.) bez pohybu v duševním klidu a v teplotně komfortním prostředí. Hodnota bazálního metabolismu slouží k určení optimálního denního příjmu. Při měření bazálního metabolismu musíme vzít v potaz několik faktorů. Měřený objekt musí být nalačno, protože po požití potravy se zvedá hodnota bazálního metabolismu. Dochází totiž ke spotřebě energie pro její trávení. Dále musí být pacient v tělesném a duševním klidu a při zachování teplotního komfortu. Hodnotu bazálního metabolismu lze zjistit pomocí přímé a nepřímé kalorimetrie. Přímá pro hodnocení využívá množství kyslíku, který organismus spotřebuje (46). Hodnotu bazálního metabolismu za fyziologických podmínek lze odhadnout pomocí rovnice Harrise-Benedicta (47).

Rovnice dle Harrise-Benedicta pro ženy:

$$\text{BMR} = 9,563 * \text{váha (kg)} + 1,85 * \text{výška (cm)} - 4,676 * \text{věk} + 655,1$$

Rovnice dle Harrise-Benedicta pro muže:

$$\text{BMR} = 13,75 * \text{váha (kg)} + 5,003 * \text{výška (cm)} - 6,775 * \text{věk} + 66,5$$

Obecně je hodnota bazálního metabolismu u žen o něco nižší než u mužů. Souvislost to má s obsahem svalové hmoty. Bazální metabolismus tedy mají vyšší lidé fyzicky aktivní, kteří mají zvýšené množství svalové hmoty. Další faktory ovlivňující jeho hodnotu jsou věk, hormony nebo délka spánku (46).

Pro měření této diplomové práce jsme využívali pro predikci hodnoty bazálního metabolismu Harris-Benedictovu rovnici.

7.1.1.8 Metabolický věk

Metabolický věk lze považovat za údaj sdělující skutečné stáří organismu. Hlavním kritériem pro určení metabolického věku je obsah svalové a tukové hmoty v těle. Metabolický věk tudíž značně koreluje s hodnotou bazálního metabolismu. Zjednodušeně by se dalo říct, že čím vyšší je hodnota bazálního metabolismu, tím nižší je hodnota metabolického věku. V případě, že při měření dojde ke zhodnocení metabolického věku jako vyššího než je skutečný věk, může to být zapříčiněno několika důvody. Jak již bylo zmíněno, pacient má buď příliš málo svalové hmoty, nebo naopak příliš hmoty tukové. Metabolický věk také ovlivňuje stres. V případě, že metabolický věk je nižší než věk skutečný, má měřený pacient optimální poměr tukové a svalové hmoty (48).

7.1.1.9 Spirometrie

Protože je pro svalovou činnost důležité také jejich správné okysličení, měřili jsme u našich objektů také dechové funkce. Metodou testování byla spirometrie. Jedná se o poměrně jednoduchý test, který je lékaři často používán pro zhodnocení stavu dechových orgánů nebo pro stanovení diagnózy plicních onemocnění (49).

Touto metodou měření lze pomocí přístrojů zjistit například vitální objem plic, rychlost nádechu nebo výdechu či čas výdechu nebo nádechu. Další měření jsou schopná poskytnout více detailnější informace. Spirometrii lze měřit při zátěži nebo v klidu. Dýchací funkce jsou tak měřeny hned z několika různých úhlů. Dostupné jsou klasické přístroje, které pro hodnocení využívají základních fyzikálních zákonů, ale také elektronické, které převádí měřený průtok vzduchu na elektrický záznam a poskytují také detailnější výsledky (50).

Pro měření této diplomové práce jsme používali Spirometer Micro DL (Micro Medical Limited, Rochester, United Kingdom). V tomto přístroji dochází při průchodu proudy vzduchu jeho převod na elektronický záznam. Ve speciálním softwaru lze pak přímo odečíst měřené hodnoty. Abychom byli schopni zhodnotit správnou funkci plic, je nutné také brát v úvahu průchodnost dýchacích cest. Naměřené hodnoty jsme poté porovnávali s referenčními hodnotami. Rozmezí odchylky od referenční hodnoty je 80–120 %. Některé lékařské příručky uvádějí také spodní hranice normy vyjádřené v procentech. Pro přehlednost uvádíme spodní hranice normy pro veličiny hodnocené v této diplomové práci, mezi které patří usilovně vydechnutý vzduch za 1 vteřinu (FEV1) 82 %, v případě usilovné vitální kapacity (FVC) 82 % a vrcholového výdechového průtoku (PEF) 72 % (51).

Při vyhodnocení dechových funkcí jsme využívali tyto spirometrické veličiny.

- a) FEV1 – jedná se o usilovně vydechnutý objem vzduchu za 1 sekundu. Vyjadřuje se v litrech.
- b) FVC – usilovná vitální kapacita neboli největší objem vzduchu, který lze prudce vydechnout po maximálním nádechu. Vyjadřuje se v litrech.
- c) FEV1/FVC – poměr vydechnutého objemu za 1 sekundu a maximálního možného vydechnutého objemu vzduchu. Vyjadřuje se v procentech.
- d) PEF – vrcholový výdechový průtok, maximální rychlost vzduchu při usilovném výdechu. Vyjadřuje se v litrech za minutu.
- e) FEF25, FEF50, FEF75 – průtoky vzduchu v různých fázích usilovného výdechu. Vyjadřují se v litrech za sekundu.
- f) FET – doba, po kterou trval usilovný výdech. Vyjadřuje se v sekundách (52).

Samotné měření probíhalo vestoje, protože tak má měřený objekt lepší možnost se řádně zhluboka nadechnout. Značná část měřených objektů má tendenci se při usilovném výdechu předklánět, což by při měření vsedě mohlo zkreslit měřené výsledky znesnadněním průchodu dýchacích cest. Měřený objekt se řádně vydýchal a po usilovném nádechu se snažil co nejintenzivněji vydechnout do měřícího přístroje. Při měření měly měřené objekty také kolík na nose, aby docházelo k výdechu pouze ústy. Měření jsme dvakrát opakovali, abychom dosáhli co nejpřesnějšího výsledku (50).

7.1.1.10 Dynamometrie

Dynamometrie je metoda zabývající se měřením síly, kterou je schopen měřený objekt působit na určité těleso. Rozděluje se na izokinetickou a izometrickou dynamometrii (53).

Izokinetická dynamometrie hodnotí schopnost svalu dosáhnout maximální síly v celém svém rozsahu pohybu při konstantní rychlosti. Při této měřící metodě jsou zapojeny větší skupiny svalů a pohyb probíhá v celém svém rozsahu. Nutné je ovšem dodržet podmínku konstantní rychlosti svalového stahu. Izokinetickou dynamometrii lze měřit dvěma typy dynamometrů. První typ dynamometru zajišťuje konstantní rychlost otáčení kolem osy kloubu. Druhý typ dynamometru zajišťuje konstantní rychlost posunu části těla po přímce. Každý typ dynamometru je vhodnější pro jiný typ svalových skupin. Pomocí otáčení kolem osy kloubu lze lépe hodnotit svalové skupiny spojené s měřeným kloubem, zatímco posun části těla po přímce je vhodnější při měření více svalových skupin spojených s větším množstvím kloubů (53).

Izometrická dynamometrie se zaměřuje na hodnocení svalové kontrakce, při které stoupá napětí, ale sval nemění svoji délku. Měření lze provádět tensometrem, což je starší typ přístroje, který často nelze připojit k počítači a je vhodnější na měření malých svalových skupin, nebo dynamometrem, který je schopen změřit i větší svalové skupiny a je možné ho propojit s počítačem (53).

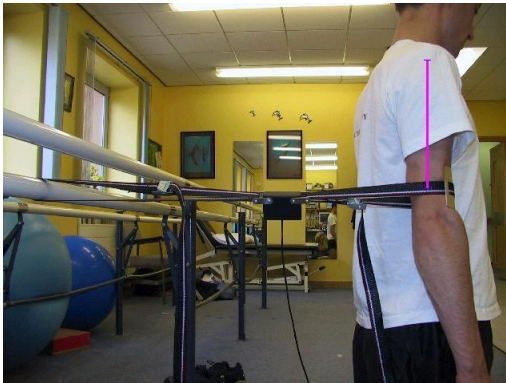
Pro měření této diplomové práce jsme využívali Digital Myometer (MIE Medical Research Ltd., Leeds, UK) + Clinical Analysis Software (CAS). V této diplomové práci jsme rozdělili izometrickou dynamometrii do dvou částí. První částí je myometrie, druhou pak síla stisku paže. Jednotlivé postupy měření jsou popsány dále. U myometrie i síly stisku paže jsme měřili čas, po který jsou měřené osoby schopné vydržet používat svaly v polovině předtím naměřeného maxima ($\pm 5\%$) a hodnotili jsme také plochu pod křivkou závislosti svalové síly na čase (AUC). Jedná se o číselné vyjádření svalové výdrže. Protože je však síla osob rozdílné hmotnosti a pohlaví často odlišná, přepočítali jsme také plochu pod křivkou na kilogram hmotnosti a kilogram netučné hmoty, abychom dokázali určit závislost svalové výdrže na složení těla.

7.1.1.11 Myometrie

Myometr je přístroj vytvořený přesně tak, aby byl schopen měřit maximální sílu svalu a svalovou výdrž měřeného objektu. Myometr měří tahovou sílu pomocí popruhů, které jsou k němu uvázány z obou stran a zároveň obepínají námi zvolené části těla měřeného objektu (viz obrázek 2). Měřit přímo sílu svalu není možné, jelikož se svaly upínají na šlachy v končetinách. Měřit sílu svalu lze pouze nepřímo měřením síly končetin (54).

Důležité je také poznamenat, že vliv na sílu svalu má i umístění popruhů myometru na končetinu. Na končetině se při různých vzdálenost od kloubu utváří jiný pákový moment, který má vliv na prezentované výsledky. Například pokud umístíte popruh ve větší vzdálenosti od kolena, tak lze naměřit hodnoty okolo 100 N. Pokud k této síle zohledníme i vzdálenost od kolena, která je 30cm (0,3m), je výsledná síla 30 Nm, jelikož tyto dvě hodnoty spolu vynásobíme. V případě, že popruh umístíte uprostřed holeně, lze naměřit sílu 200 N. Nicméně vzdálenost od kolene je již menší. Například 15 cm (0,15 m). Po vynásobení opět dostaneme stejný výsledek, tudíž 30 Nm. Tuto vzdálenost myometru od kloubu jsme proto zohledňovali při vlastním měření. Z myometru se pak pomocí elektrického signálu přenášejí data přímo do počítače, kde se prezentují ve speciálně vytvořeném programu (54).

Obrázek 2 Obecné znázornění dynamometrie



(Zdroj: MIE medicals 2002)

Svalových skupin vhodných k měření existuje na těle více. Z důvodu možnosti provedení v podmínkách měřicí místnosti jsme vybrali 5 cviků.

1) Kotník – flexor (viz obrázek 3)

- a) Měřený objekt jsme uložili na postel v měřicí místnosti s nataženými nohama i rukama podél těla.
- b) Jeden popruh jsme upevnili o čelo postele.
- c) Druhým popruhem jsme obemknuli chodidlo měřeného objektu.
- d) Utáhli jsme popruhy tak, aby byly napnuté, ale ne v tahu.
- e) Přesvědčili jsme se, že noha objektu je v neutrální a stále natažené pozici.
- f) Měřicí přístroj jsme umístili doprostřed vzdálenosti mezi čelem postele a chodidlem měřeného objektu.
- g) Změřili jsme vzdálenost mezi kotníkem a koncem chodidla.
- h) Zapnuli jsme přístroj a postupovali podle instrukcí softwaru.
- ch) Jako první jsme změřili maximální sílu, kterou je schopen měřený objekt vyvinout tahem kotníku proti upevněnému popruhu.
- i) Poté jsme měřili délku výdrže měřeného objektu v polovině naměřeného maxima.

Obrázek 3 Dynamometrie kotník-flexor



(Zdroj: MIE medicals 2002)

2) Loket – flexor (viz obrázek 4)

- a) Objekt měření jsme usadili na židli tak, aby měl rovná záda a koleno i loket směřovaly do pravého úhlu.
- b) První část popruhu jsme umístili objektu mezi zápěstí a loket.
- c) Druhou část popruhu jsme umístili pod chodidlo měřeného objektu na stejné straně těla.
- d) Vlastní měřidlo jsme umístili doprostřed.
- e) Změřili jsme vzdálenost popruhu od lokte.
- f) Ujistili jsme se, že popruhy již nejsou v tahu, abychom nezhodnotili výsledky měření.
- g) Postupovali jsme podle instrukcí softwaru.
- h) Měřený objekt tahal rukou popruh vzhůru.
- ch) Jako první jsme změřili maximální sílu objektu.
- i) Poté jsme měřili výdrž daného objektu v polovině naměřeného maxima.

Obrázek 4 Dynamometrie loket – flexor

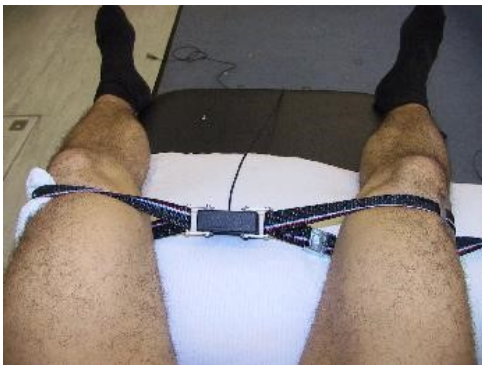


(Zdroj: MIE medicals 2002)

3) Kyčel – abduktor (viz obrázek 5)

- a) Měřený objekt jsme uložili na postel s nataženýma nohama.
- b) Popruhy jsme umístili na levou i pravou nohu uprostřed vzdálenosti mezi kolenem a kyčlí.
- c) Měřicí přístroj jsme položili doprostřed mezi nohy měřeného objektu.
- d) Změřili jsme vzdálenost popruhu od kyčle.
- e) Postupovali jsme podle instrukcí softwaru.
- f) Měřený objekt roztahoval nohy od sebe.
- g) Nejdříve jsme změřili maximální sílu.
- h) Poté jsme měřili výdrž měřeného objektu v polovině naměřeného maxima.

Obrázek 5 Dynamometrie kyčel – abduktor



(Zdroj: MIE medicals 2002)

4) Koleno – kvadriceps (viz obrázek 6)

- a) Měřený objekt jsme posadili na židli zády k posteli tak, aby měl kolena v pravém úhlu.
- b) První popruh upevníme o nohu postele.
- c) Druhý popruh upevníme o holeň měřeného objektu.
- d) Měřicí přístroj umístíme doprostřed mezi vzdálenost nohy postele a nohy měřeného objektu.
- e) Změříme vzdálenost popruhu umístěného na holeni od kolene.
- f) Postupujeme podle instrukcí softwaru.
- g) Měřený objekt tahá nohu před sebe proti odporu popruhu upevněného o nohu postele.
- h) Jako první změříme maximální sílu.
- ch) Poté změříme výdrž měřeného objektu v polovině naměřeného maxima.

Obrázek 6 Dynamometrie koleno – kvadriceps



(Zdroj: MIE medicals 2002)

5) Ramena – abduktor (viz obrázek 7)

- a) Měřený objekt usadíme na židli s předpaženými rukami.
- b) Popruhy upevníme za levou a pravou ruku do středu mezi rameno a loket.
- c) Měřicí přístroj pověsíme doprostřed mezi natažené ruce.
- d) Ujistíme se, že jsou popruhy natažené, ale nejsou v tahu tak, abychom nenarušovali přesnost měření.
- e) Změříme vzdálenost popruhu od ramena.
- f) Postupujeme podle instrukcí softwaru.
- g) Změříme maximální sílu měřeného objektu.
- h) Poté změříme výdrž objektu v polovině naměřeného maxima.

Obrázek 7 Dynamometrie rameno – abduktor



(Zdroj: MIE medicals 2002)

7.1.1.12 Síla stisku paže

Ruce používáme při každodenních činnostech a měřením jejich síly lze odvodit sílu celého těla, zdravotní stav, kardiovaskulární rizika (55) nebo riziko zlomeniny kostí (56). Protože větší sílu má obvykle dominantní ruka, měření se provádí právě s ní (57).

Přístroj, který jsme používali na měření této diplomové práce, byl Pinch/Grip Analyser a Digital Myometer (MIE Medical Research Ltd., Leeds, UK) + Clinical Analysis Software (CAS). Skládá se ze dvou protilehlých úchytů, které jsou na konci spojené tak, aby při stisku vydávaly odpor, který musí měřený objekt překonat (viz obrázek 8). Na konci měřícího přístroje je čidlo, které převádí informace do počítače, kde lze přímo odečítat naměřené údaje ve speciálním softwaru.

Metody měření síly stisku ruky bývají různé. V naší diplomové práci jsme měřili maximální sílu stisku ruky po dobu 5 sekund, abychom mohli odvodit polovinu hodnoty maximální síly stisku. Poté jsme měřili dobu, kterou jsou měřené objekty schopny udržet sílu stisku na polovině své maximální hodnoty ($\pm 5\%$).

Obrázek 8 Dynamometrie síla stisku paže



(Zdroj: <https://portal.faf.cuni.cz/Groups/Clinical-physiology-of-nutrition-and-metabolism/Equipment-and-Methods/>)

7.1.1.13 Seznam použitých přístrojů

K měření diplomové práce jsme využívali sérii přístrojů.

- 1) Pinch/Grip Analyser a Digital Myometer (MIE Medical Research Ltd., Leeds, UK) + Clinical Analysis Software (CAS) – dynamometrie
- 2) BCM – Body Composition Monitor (Fresenius Medical Care AG & Co., Bad Homburg, Germany) – bioimpedanční spektroskopie (detailní složení těla)
- 3) Abdominal fat analyser AB 140 M Viscan (Tanita corporation, Tokio, Japan) – celkový + viscerální tuk
- 4) Body composition monitor Inner Scan, BC-532 (Tanita corporation, Tokio, Japan) – antropometrická váha
- 5) Spirometer Micro DL (Micro Medical Limited, Rochester, United Kingdom) – spirometrie
- 6) kaliper Best K-501 (Trystom, Olomouc, Czech Republic) – kaliperace

7.1.1.14 Statistické zpracování dat

Statistické zpracování dat bylo provedeno v programu Prism 7 for Windows (version 7.04), GraphPad Software, Inc. a Microsoft Excel 2016. Normální rozdělení sledovaných parametrů bylo hodnoceno D'Agostinovým a Pearsonovým testem normality. V případě normality dat jsou výsledky uvedeny jako průměr \pm směrodatná odchylka (SD), v opačném případě jako medián (25% percentil; 75% percentil). Porovnání statistické významnosti mezi skupinami bylo hodnoceno pomocí nepárového t – testu nebo Mann-Whitneyho testem. Asociace mezi testovanými parametry byla testována pomocí Spearmanova korelačního koeficientu. Pro testování statistických hypotéz byla zvolena hladina významnosti $P \leq 0,05$.

8. **VÝSLEDKY**

Do této diplomové práce jsme zahrnuli 24 zdravých jedinců do 30 let věku, které jsme podrobili různým testům popsaných výše. U měřených osob jsme vypočítali denní výdej energie a rozdělili jsme je do skupin podle tohoto parametru na čtvrtinu s nejnižšími hodnotami a tři čtvrtiny s vyššími hodnotami. Poté jsme srovnávali výsledky měření mezi těmito skupinami. Konkrétně se jednalo o 6 osob (1 muž a 5 žen) s nejnižšími hodnotami energetického výdeje a 18 osob (z toho 9 mužů a 9 žen), které dosáhly vyšších hodnot energetického výdeje.

Pro větší přehlednost jsme skupinu s vyšším výdejem energie nazvali skupinou 1 a skupinu s nižším výdejem energie jsme označili jako skupinu 2.

Při přepočtu hodnot energetického výdeje na kilogram hmotnosti jsme však významný rozdíl mezi skupinami nenalezli. Pozorovali jsme pouze trend nižších hodnot skupiny 2 v porovnání se skupinou 1.

8.1 Výsledky antropometrických parametrů

Při porovnání antropometrických parametrů mezi sledovanými podskupinami jsme zjistili, že skupina 1 má významně vyšší hmotnost, výšku i hodnotu BMI, v porovnání se skupinou 2. Průměrné hodnoty BMI však odpovídají u obou skupin normě. Pokud jde o parametry složení těla, množství tukuprosté ani tukové hmoty se mezi skupinami významně nelišilo ani při vyjádření v kg, ani po přepočtu na druhou mocninu výšky (ačkoliv byl patrný trend vyšších hodnot u skupiny 1 při porovnání se skupinou 2). Charakteristiku jednotlivých skupin shrnuje tabulka 2.

Tabulka 2 Charakteristika měřených objektů

	Celkem počet osob (24)	Skupina 1 (18)	Skupina 2 (6)
Pohlaví	10M/14Ž	9M/9Ž	1M/5Ž
Výška (cm)	171±6	177±9	165±6*
Hmotnost (kg)	81,5±15,0	72,3±16,3	53,5±4,0*
BMI	22,2±3,6	23,0±3,7	19,7±1,6*
LTI (kg.m⁻²)	16,1±3,4	16,5±3,6	14,9±2,6
LTM (kg)	49,2±13,9	52,1±14,4	40,5±7,8
FTI (kg.m⁻²)	5,9 (3,9; 8,2)	5,9 (4,2; 8,9)	5,6 (1,9; 7,5)
FTM (kg)	12,3 (7,8; 17,9)	13,2 (9,7; 21,2)	10,7 (3,9; 15,3)
Energetický výdej (kJ/kg/den)	179±27	182±29	170±16
Energetický výdej (kJ/den)	10,6 (9,6; 13,7)	12,2 (10,4; 14,7)	9,1 (8,8; 9,3)*

Vysvětlivky: BMI – body mass index, LTI – poměr hmotnosti netučné hmoty na metr čtvereční, LTM – množství netučné hmoty, FTI – poměr tukové hmotnosti na metr čtvereční, FTM- množství tuku, *nad 25 % průměru energetického výdeje vs. pod 25% průměru energetického výdeje nepárový t-test nebo Mann-Whitney test ($P \leq 0,05$)

Skupina 1 představuje 18 měřených objektů s vyšším denním energetickým výdejem.

Skupina 2 představuje 6 měřených objektů s nižším energetickým výdejem.

8.2 Výsledky porovnání spirometrie

Při spirometrickém měření jsme se zaměřovali na korelaci mezi dostatečným okysličením svalů a jejich výdrží. Metodika spirometrie je již popsána výše. Abychom dokázali lépe ohodnotit funkčnost dýchací soustavy měřeného objektu, hodnotili jsme hned několik spirometrických parametrů.

Měření usilovně vydechnutého vzduchu za 1 sekundu (FEV1) ukázalo trend vyšších hodnot u první skupiny. Mezi skupinami jsme však nepozorovali významné rozdíly.

Dalším spirometrickým parametrem, který jsme hodnotili, byla usilovná vitální kapacita (FVC). Stejně jako v předchozích případech i při vyhodnocení tohoto spirometrického parametru jsme vysledovali pouze tendenci k vyšším výsledkům první skupiny bez statisticky významného rozdílu mezi skupinami.

Poslední porovnávanou spirometrickou veličinou byl vrcholový výdechový průtok (PEF). Při hodnocení výsledků tohoto parametru jsme zaznamenali statisticky významně vyšší hodnoty první skupiny v porovnání s druhou skupinou. Abychom dále zlepšili průkaznost spirometrického měření, vyjadřovali jsme také poměr vydechnutého objemu za 1 sekundu a maximálního možného vydechnutého objemu vzduchu. Srovnání tohoto poměru mezi skupinami a však neukázal významný rozdíl.

Všechny naměřené veličiny jsme následně vyjadřovali i v procentech predikovaných hodnot. V těchto hodnotách jsme nenalezli žádné rozdíly mezi skupinami. Ve všech případech se jednalo o fyziologické hodnoty. Charakteristiku spirometrických údajů přehledně shrnuje tabulka 3.

Tabulka 3 Charakteristika spirometrických údajů

	Celkem	1. skupina	2. skupina
FEV1(l)	3,8±0,9	4,0±0,9	3,3±0,4
FVC (l)	4,2±0,9	4,4±1,0	3,6±0,5
PEF (l/min)	7,8±2,2	8,4±2,2	6,3±1,3*
FEV1/FVC (%)	91±4	92±4	90±5
FEV1 (%)	99±12	99±14	98±7
FVC (%)	93±13	92±14	95±12
PEF (%)	90±16	92±16	83±14

Vysvětlivky: FEV1 – usilovně vydechnutý vzduch za 1 vteřinu, FVC – největší možný objem vzduchu, který lze prudce vydechnout po maximálním nádechu, PEF - vrcholový výdechový průtok, maximální rychlost vzduchu při usilovném výdechu, FEV1/FVC - poměr vydechnutého objemu za 1 sekundu a maximálního možného vydechnutého objemu vzduchu, * -> 25% percentil vs. < 25% percentil nepárový t-test ($P \leq 0,05$)

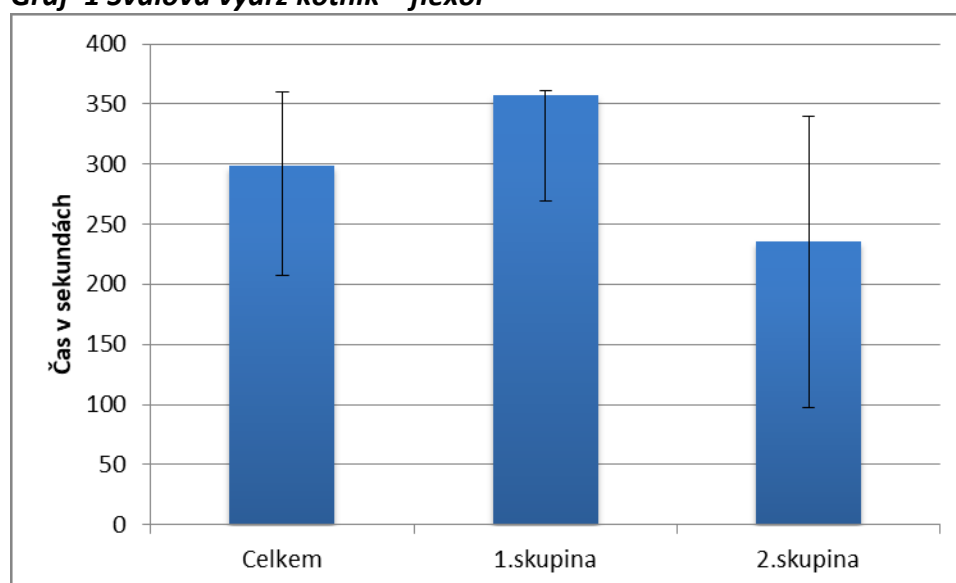
Skupina 1 představuje 18 měřených objektů s vyšším denním energetickým výdejem.

Skupina 2 představuje 6 měřených objektů s nižším denním energetickým výdejem.

8.3 Výsledky porovnání svalové výdrže

Jako první svalovou skupinu jsme měřili kotník – flexor. V naměřených časových hodnotách svalové výdrže jsme nezaznamenali významný rozdíl mezi skupinami. Pozorovali jsme pouze trend vyšších hodnot u první skupiny. Vypočítané průměrné hodnoty svalové skupiny kotník – flexor shrnuje graf 1. Při hodnocení plochy pod křivkou závislosti svalové síly na čase (AUC) jsme pozorovali významné zvýšení u skupiny 1 v absolutní AUC i v ostatních přepočtech AUC. Hodnoty AUC pro svalovou skupinu kotník – flexor shrnuje tabulka 4.

Graf 1 Svalová výdrž kotník – flexor



Tabulka 4 Plocha pod křivkou kotník - flexor

	Celkem	1. skupina	2. skupina
AUC	28718±13958	32455±12602	12833±6009*
AUC/kg	444±235	500±221	209±125*
AUC/kg LTM	558 (404; 713)	610 (468; 808)	282 (133; 447) *

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, AUC/kg – plocha pod křivkou vztažená na kilogram hmotnosti

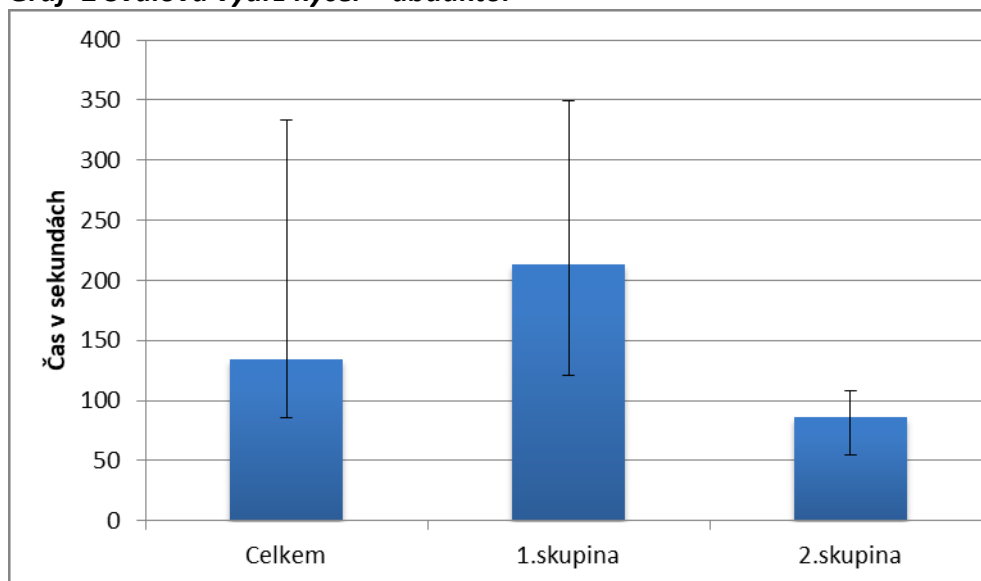
AUC/kg LTM – plocha pod křivkou vztažená na kilogram tukuprosté hmoty, * -> 25% percentil vs. < 25% percentil nepárový t-test nebo Mann-Whitney test ($P \leq 0,05$)

Skupina 1 představuje 18 měřených objektů s vyšším denním energetickým výdejem.

Skupina 2 představuje 6 měřených objektů s nižším denním energetickým výdejem.

Při hodnocení abduktoru kyčelního kloubu jsme také pozorovali trend vyšších hodnot doby testu svalové výdrže ve prospěch skupiny s vyšším výdejem energie, avšak bez statisticky významného rozdílu. Výsledky měření svalové výdrže svalové skupiny kyčel – abduktor zobrazuje graf 2. Při hodnocení výsledků AUC v této svalové skupině jsme našli významný vzrůst rozdíl v AUC i AUC/kg hmotnosti u skupiny 1 oproti skupině 2. Hodnoty AUC/kg LTM neprokázaly významný rozdíl mezi skupinami. V tomto parametru jsme pouze pozorovali trend vyšších hodnot u první skupiny. Výsledky zobrazuje tabulka 5.

Graf 2 Svalová výdrž kyčel – abduktor



Tabulka 5 Plocha pod křivkou svalové skupiny kyčel – abduktor

	Celkem	1. skupina	2. skupina
AUC	14908±8217	16818±7861	8415±6253*
AUC/kg	231±130	258±125	142±117*
AUC/kg LTM	277 (194; 429)	296 (228; 489)	205 (63; 373)

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, AUC/kg – plocha pod křivkou vztažená na kilogram hmotnosti

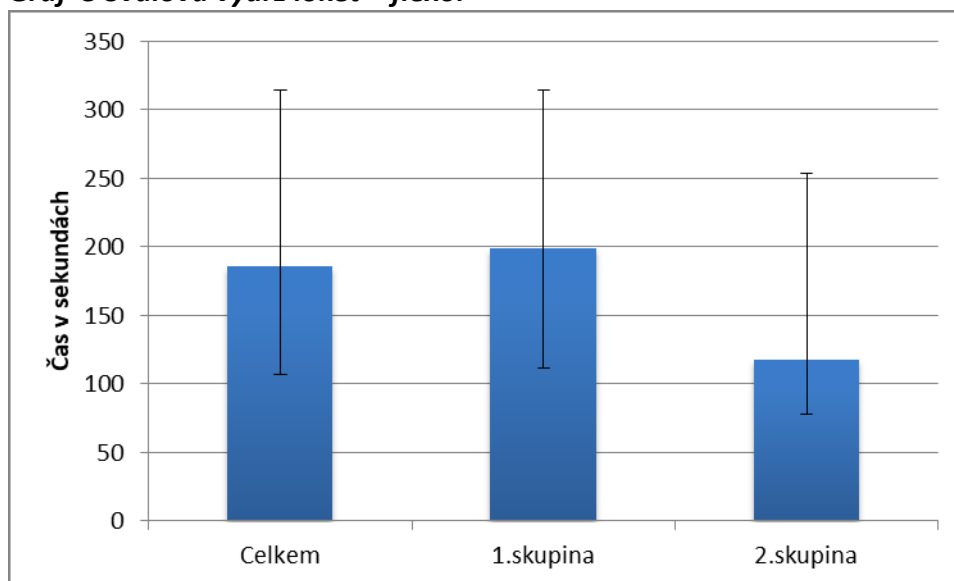
AUC/kg LTM – plocha pod křivkou vztažená na kilogram tukuprosté hmoty * -> 25% percentil vs. < 25% percentil nepárový t-test ($P \leq 0,05$)

Skupina 1 představuje 18 měřených objektů s vyšším denním energetickým výdejem.

Skupina 2 představuje 6 měřených objektů s nižším denním energetickým výdejem.

U svalové skupiny flexoru lokte jsme neprokázali mezi skupinami významný rozdíl v době testu výdrže (viz graf 3) ani v hodnotách AUC (viz tabulka 6). Pouze jsme pozorovali trend vyšších hodnot u první skupiny. Výsledky zobrazuje graf 3.

Graf 3 Svalová výdrž loket – flexor



Tabulka 6 Plocha pod křivkou svalové skupiny loket – flexor

	Celkem	1. skupina	2. skupina
AUC	11075 (5642; 14126)	11764 (6301;14605)	5883 (2234; 9832)
AUC/kg	167±97	189±98	103±62
AUC/kg LTM	205 (142; 303)	246 (161; 335)	108 (42; 152)

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, AUC/kg – plocha pod křivkou vztažená na kilogram hmotnosti

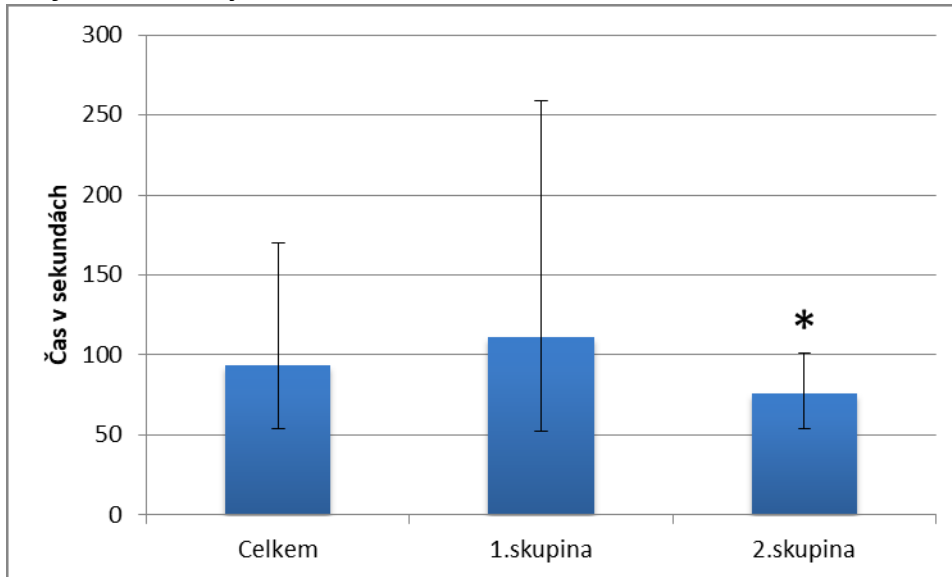
AUC/kg LTM – plocha pod křivkou vztažená na kilogram tukuprosté hmoty

Skupina 1 představuje 18 měřených objektů s vyšším denním energetickým výdejem.

Skupina 2 představuje 6 měřených objektů s nižším denním energetickým výdejem.

Ve svalové skupině abduktoru ramene jsme zjistili statisticky vyšší hodnoty doby testu výdrže (viz graf 4) i hodnot AUC a AUC/kg u první skupiny. V hodnotách AUC/kg LTM jsme pozorovali pouze tendence k vyšším hodnotám (viz tabulka 7).

Graf 4 Svalová výdrž rameno – abduktor



Vysvětlivky: * -> 25% percentil vs. < 25% percentil nepárový t-test ($P \leq 0,05$)

Tabulka 7 Plocha pod křivkou svalové skupiny rameno – abduktor

	Celkem	1. skupina	2. skupina
AUC	8225 (3548; 11095)	8745 (4938; 14513)	3191 (1812; 8323)*
AUC/kg	106 (63; 171)	125 (78; 234)	54,3 (33; 114)*
AUC/kg LTM	142 (84; 291)	149 (120; 308)	71,7 (43; 202)

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, AUC/kg – plocha pod křivkou vztažená na kilogram hmotnosti

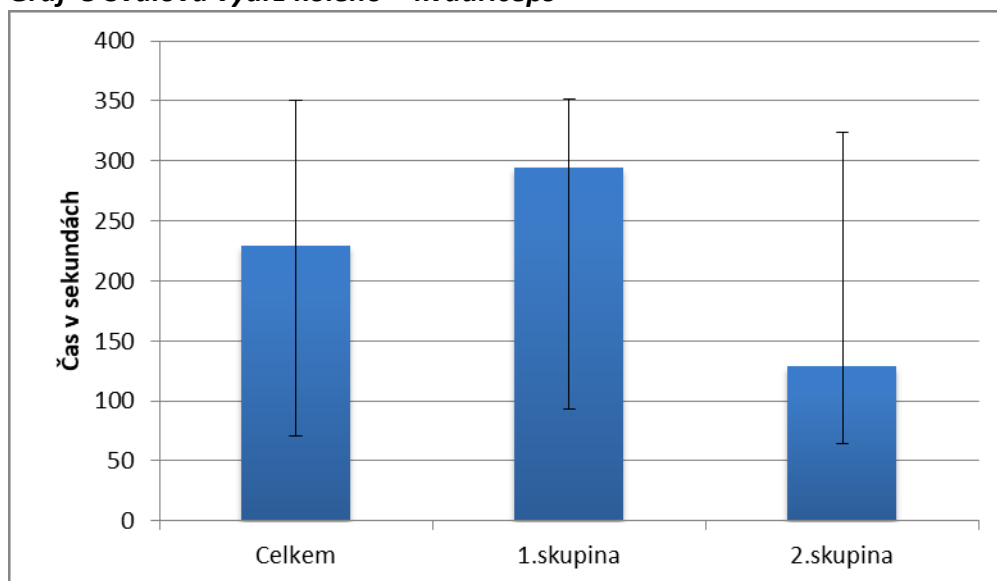
AUC/kg LTM – plocha pod křivkou vztažená na kilogram tukuprosté hmoty * -> 25% percentil vs. < 25% percentil nepárový t-test ($P \leq 0,05$)

Skupina 1 představuje 18 měřených objektů s vyšším denním energetickým výdejem.

Skupina 2 představuje 6 měřených objektů s nižším denním energetickým výdejem.

U kvadricepsu stehna jsme nenalezli významný rozdíl mezi skupinami ani v času testu výdrže (viz graf 5) ani v hodnotách AUC (viz tabulka 8). Opět však měla první skupina tendenci k vyšším získaným hodnotám.

Graf 5 Svalová výdrž koleno – kvadriceps



Tabulka 8 Plocha pod křivkou svalové skupiny koleno – kvadriceps

	Celkem	1. skupina	2. skupina
AUC	16455 (6846; 26546)	19328 (9318; 32843)	10355 (4521; 18781)
AUC/kg	270 (126; 385)	284 (153; 517)	160 (78; 316)
AUC/kg LTM	340 (164; 650)	352 (184; 676)	204 (103; 460)

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, AUC/kg – plocha pod křivkou vztažená na kilogram hmotnosti

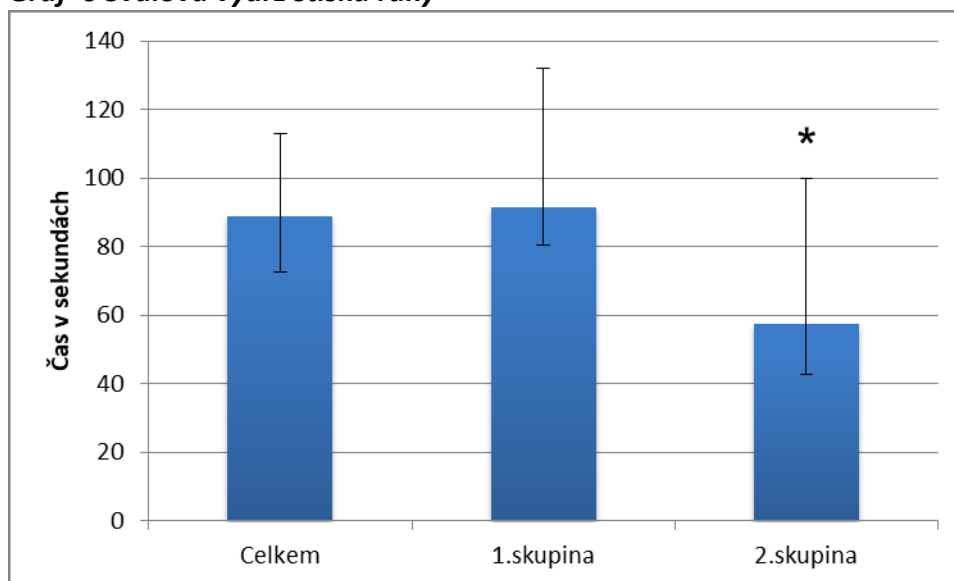
AUC/kg LTM – plocha pod křivkou vztažená na kilogram tukuprosté hmoty

Skupina 1 představuje 18 měřených objektů s vyšším denním energetickým výdejem.

Skupina 2 představuje 6 měřených objektů s nižším denním energetickým výdejem.

U stisku ruky jsme sledovali statisticky významně vyšší hodnoty doby výdrže u první skupiny (viz graf 6). Hodnoty AUC i po korekci vykazovaly signifikantně vyšší hodnoty u první skupiny (viz tabulka 9).

Graf 6 Svalová výdrž stisku ruky



Vysvětlivky: * -> 25% percentil vs. < 25% percentil nepárový t-test ($P \leq 0,05$)

Tabulka 9 Plocha pod křivkou stisku ruky

	Celkem	1. skupina	2. skupina
AUC	14859±7679	17163±7389	7947±3034*
AUC/kg	230±129	262±130	134±60*
AUC/kg LTM	326±188	369±193	195±95*

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, AUC/kg – plocha pod křivkou vztažená na kilogram hmotnosti

AUC/kg LTM – plocha pod křivkou vztažená na kilogram tukuprosté hmoty * -> 25% percentil vs. < 25% percentil nepárový t-test ($P \leq 0,05$)

Skupina 1 představuje 18 měřených objektů s vyšším denním energetickým výdejem.

Skupina 2 představuje 6 měřených objektů s nižším denním energetickým výdejem.

Dále jsme se v práci zaměřili na korelaci svalové výdrže s měřenými parametry. Hodnotili jsme statisticky významnou závislost všech tří typů AUC na energetickém výdeji, antropometrických a spirometrických údajích.

8.4 Korelace svalové výdrže s energetickým výdejem

Při hodnocení korelace svalové výdrže na energetickém výdeji jsme našli u některých svalových skupin významnou statistickou závislost. Konkrétně se jednalo o svalové skupiny kotník – flexor, loket – flexor, rameno – abduktor a stisk ruky. V ostatních svalových skupinách jsme tuto závislost neprokázali. Výsledky jsme pro přehlednost uspořádali zvlášť do tabulek 10–13 pro každou svalovou skupinu. Ve všech nalezených případech byla nejvyšší pozitivní korelace prokázána u AUC. Při přepočtu energetického výdeje na kg hmotnosti nebo při vyjádření v % odhadovaných hodnot jsme však žádnou významnou asociaci s parametry svalové výdrže neprokázali.

Tabulka 10 Korelace svalové výdrže kotník – flexor na energetickém výdeji

Korelace		Spearman r	P
Energetický výdej (kJ/den)	AUC	0,645	0,0016
	AUC /kg	0,521	0,0155
	AUC/kg LTM	0,462	0,0348

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, AUC/kg – plocha pod křivkou vztažená na kilogram hmotnosti

AUC/kg LTM – plocha pod křivkou vztažená na kilogram tukuprosté hmoty

Tabulka 11 Korelace svalové výdrže loket – flexor na energetickém výdeji

Korelace		Spearman r	P
Energetický výdej (kJ/den)	AUC	0,649	0,0008
	AUC /kg	0,562	0,0052
	AUC/kg LTM	0,469	0,0238

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, AUC/kg – plocha pod křivkou vztažená na kilogram hmotnosti
AUC/kg LTM – plocha pod křivkou vztažená na kilogram tukuprosté hmoty

Tabulka 12 Korelace svalové výdrže rameno – abduktor na energetickém výdeji

Korelace		Spearman r	P
Energetický výdej (kJ/den)	AUC	0,551	0,0052
	AUC /kg	0,462	0,0231
	AUC/kg LTM	0,414	0,0444

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, AUC/kg – plocha pod křivkou vztažená na kilogram hmotnosti
AUC/kg LTM – plocha pod křivkou vztažená na kilogram tukuprosté hmoty

Tabulka 13 Korelace svalové výdrže stisku ruky na energetickém výdeji

Korelace		Spearman r	P
Energetický výdej (kJ/den)	AUC	0,763	<0,0001
	AUC /kg	0,523	0,0088
	AUC/kg LTM	0,469	0,0209

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, AUC/kg – plocha pod křivkou vztažená na kilogram hmotnosti
AUC/kg LTM – plocha pod křivkou vztažená na kilogram tukuprosté hmoty

8.5 Korelace svalové výdrže se spirometrickými údaji

Prokázali jsme také pozitivní korelaci mezi svalovou výdrží a základními spirometrickými parametry ve svalové skupině kotník – flexor a u síly stisku ruky. V ostatních měřených skupinách jsme prokázali korelaci jen pro některé spirometrické parametry. Při vyjádření spirometrických parametrů v % odhadovaných hodnot jsme však asociaci se svalovou výdrží nezjistili. Výsledky jsme pro přehlednost vložili do tabulek 14–19. Červeně jsou uvedeny parametry, kde jsme našli významnou pozitivní statistickou korelaci.

Tabulka 14 zobrazuje korelaci spirometrických údajů a svalové výdrže pro svalovou skupinu kotník – flexor, kde jsme zaznamenali statisticky významnou pozitivní korelaci ve všech měřených parametrech. Nejtěsnější korelaci jsme shledali u AUC/kg a FEV1.

Tabulka 14 Korelace spirometrických parametrů a svalové výdrže kotníků – flexor

Korelace		Spearman r	P
AUC	FEV1	0,713	<0,0001
	FVC	0,644	0,002
	PEF	0,670	0,001
AUC/kg	FEV1	0,740	<0,0001
	FVC	0,695	0,000
	PEF	0,628	0,002
AUC/kg LTM	FEV1	0,640	0,002
	FVC	0,612	0,003
	PEF	0,567	0,007

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, AUC/kg – plocha pod křivkou vztažená na kilogram hmotnosti, AUC/kg LTM – plocha pod křivkou vztažená na kilogram tukuprosté hmoty, FEV1 – usilovně vydechnutý vzduch za 1 vteřinu, FVC – největší možný objem vzduchu, který lze prudce vydechnout po maximálním nádechu, PEF – vrcholový výdechový průtok, maximální rychlost vzduchu při usilovném výdechu, FEV1/FVC - poměr vydechnutého objemu za 1 sekundu a maximálního možného vydechnutého objemu vzduchu

Ve svalové skupině kyčel – abduktor jsme pozitivní korelaci prokázali pouze v případě FEV1 a AUC a také v případě FEV1 a AUC/kg. U druhé zmiňované AUC jsme také prokázali významnou korelaci v případě FVC. Stejně jako v předchozí svalové skupině nejtěsnější korelaci jsme našli mezi AUC/kg a FEV1. Ostatní spirometrické parametry v této skupině se neprojevily jako statisticky významné. Výsledky zobrazuje tabulka 15.

Tabulka 15 Korelace spirometrických parametrů a svalové výdrže kyčel – abduktor

Korelace		Spearman r	P
AUC	FEV1	0,425	0,049
	FVC	0,389	0,074
	PEF	0,359	0,100
AUC/kg	FEV1	0,475	0,026
	FVC	0,439	0,041
	PEF	0,359	0,101
AUC/kg LTM	FEV1	0,388	0,074
	FVC	0,371	0,089
	PEF	0,266	0,232

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, AUC/kg – plocha pod křivkou vztažená na kilogram hmotnosti, AUC/kg LTM – plocha pod křivkou vztažená na kilogram tukuprosté hmoty, FEV1 – usilovně vydechnutý vzduch za 1 vteřinu, FVC – největší možný objem vzduchu, který lze prudce vydechnout po maximálním nádechu, PEF – vrcholový výdechový průtok, maximální rychlost vzduchu při usilovném výdechu, FEV1/FVC - poměr vydechnutého objemu za 1 sekundu a maximálního možného vydechnutého objemu vzduchu

Svalová skupina flexoru lokte prokázala významnou pozitivní korelaci délky svalové výdrže se spirometrickými údaji téměř ve všech sledovaných hodnotách. Významnou asociaci jsme neprokázali pouze v případě PEF a AUC/kg LTM. Stejně jako v předchozích svalových skupinách, i v tomto případě jsme našli nejtěsnější korelaci mezi AUC/kg a FEV1. Pro přehled výsledky shrnuje tabulka 16.

Tabulka 16 Korelace spirometrických parametrů a svalové výdrže loket – flexor

Korelace		Spearman r	P
AUC	FEV1	0,607	0,002
	FVC	0,595	0,003
	PEF	0,519	0,011
AUC/kg	FEV1	0,675	<0,0001
	FVC	0,655	0,001
	PEF	0,584	0,003
AUC/kg LTM	FEV1	0,508	0,013
	FVC	0,513	0,012
	PEF	0,318	0,073

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, AUC/kg – plocha pod křivkou vztažená na kilogram hmotnosti, AUC/kg LTM – plocha pod křivkou vztažená na kilogram tukuprosté hmoty, FEV1 – usilovně vydechnutý vzduch za 1 vteřinu, FVC – největší možný objem vzduchu, který lze prudce vydechnout po maximálním nádechu, PEF – vrcholový výdechový průtok, maximální rychlost vzduchu při usilovném výdechu, FEV1/FVC - poměr vydechnutého objemu za 1 sekundu a maximálního možného vydechnutého objemu vzduchu

V případě svalové skupiny rameno – abduktor jsme prokázali významné pozitivní korelace. První z nich jsme pozorovali mezi AUC a PEF. Druhá významná korelace v této skupině byla mezi AUC/kg se všemi měřenými spirometrickými parametry. Přehledně výsledky zobrazuje tabulka 17.

Tabulka 17 Korelace spirometrických parametrů a svalové výdrže rameno – abduktor

Korelace		Spearman r	P
AUC	FEV1	0,348	0,096
	FVC	0,303	0,149
	PEF	0,485	0,016
AUC/kg	FEV1	0,463	0,023
	FVC	0,430	0,036
	PEF	0,542	0,006
AUC/kg LTM	FEV1	0,355	0,089
	FVC	0,351	0,092
	PEF	0,434	0,034

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, AUC/kg – plocha pod křivkou vztažená na kilogram hmotnosti, AUC/kg LTM – plocha pod křivkou vztažená na kilogram tukuprosté hmoty, FEV1 – usilovně vydechnutý vzduch za 1 vteřinu, FVC – největší možný objem vzduchu, který lze prudce vydechnout po maximálním nádechu, PEF – vrcholový výdechový průtok, maximální rychlost vzduchu při usilovném výdechu, FEV1/FVC - poměr vydechnutého objemu za 1 sekundu a maximálního možného vydechnutého objemu vzduchu

Statisticky významnou pozitivní korelaci mezi svalovou výdrží ve svalové skupině koleno – kvadriceps jsme prokázali u FEV1 se všemi typy AUC. Opět nejtěsnější korelace byla u AUC/kg. V ostatních měřených parametrech jsme významnou asociaci neprokázali. Pro přehlednost jsme výsledky vložili do tabulky 18.

Tabulka 18 Korelace spirometrických parametrů a svalové výdrže koleno – kvadriceps

Korelace		Spearman r	P
AUC	FEV1	0,451	0,031
	FVC	0,328	0,126
	PEF	0,367	0,085
AUC/kg	FEV1	0,456	0,029
	FVC	0,353	0,099
	PEF	0,354	0,097
AUC/kg LTM	FEV1	0,433	0,039
	FVC	0,336	0,117
	PEF	0,316	0,142

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, AUC/kg – plocha pod křivkou vztažená na kilogram hmotnosti, AUC/kg LTM – plocha pod křivkou vztažená na kilogram tukuprosté hmoty, FEV1 – usilovně vydechnutý vzduch za 1 vteřinu, FVC – největší možný objem vzduchu, který lze prudce vydechnout po maximálním nádechu, PEF – vrcholový výdechový průtok, maximální rychlost vzduchu při usilovném výdechu, FEV1/FVC - poměr vydechnutého objemu za 1 sekundu a maximálního možného vydechnutého objemu vzduchu

Významné pozitivní korelace mezi spirometrickými parametry a svalovou výdrží jsme naměřili ve svalové skupině stisku ruky. Projevila se ve všech měřených parametrech. I v této svalové skupině jsme nejtěsnější korelaci shledali u AUC/kg a FEV1. Přehledně výsledky shrnuje tabulka 19.

Tabulka 19 Korelace spirometrických parametrů a svalové výdrže stisku ruky

Korelace		Spearman r	P
AUC	FEV1	0,690	<0,0001
	FVC	0,662	<0,0001
	PEF	0,687	<0,0001
AUC/kg	FEV1	0,698	<0,0001
	FVC	0,673	<0,0001
	PEF	0,606	0,002
AUC/kg LTM	FEV1	0,590	0,002
	FVC	0,579	0,003
	PEF	0,508	0,011

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, AUC/kg – plocha pod křivkou vztažená na kilogram hmotnosti, AUC/kg LTM – plocha pod křivkou vztažená na kilogram tukuprosté hmoty, FEV1 – usilovně vydechnutý vzduch za 1 vteřinu, FVC – největší možný objem vzduchu, který lze prudce vydechnout po maximálním nádechu, PEF – vrcholový výdechový průtok, maximální rychlost vzduchu při usilovném výdechu, FEV1/FVC - poměr vydechnutého objemu za 1 sekundu a maximálního možného vydechnutého objemu vzduchu

8.6 Korelace svalové výdrže a tělesného složení

Při hodnocení svalové výdrže a tělesného složení jsme pozorovali pozitivní korelace u tukuprosté hmoty přepočítané na druhou mocninu výšky i tukuprosté hmoty vyjádřené v kilogramech hmotnosti. Významnou pozitivní korelaci jsme také sledovali u hodnoty celkové buněčné hmoty (BCM), kterou jsme vyjadřovali v kilogramech. Ostatní sledované tělesné parametry významnou korelaci neprokázaly. Pouze v případě síly stisku ruky jsme prokázali pozitivní korelaci u BMI a procenty viscerálního tuku. Výsledky jsme zahrnuli do tabulek 20–25. Všechny hodnoty, u kterých jsme shledali významnou korelaci, jsou zvýrazněny červenou barvou. Tabulka 20 zobrazuje hodnoty pro svalovou skupinu kotník - flexor.

Tabulka 20 Korelace svalové výdrže a tělesného složení kotník – flexor

Korelace		Spearman r	P
AUC	LTI (kg/m ²)	0,548	0,010
	LTM (kg)	0,604	0,004
	BCM (kg)	0,582	0,006

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, LTI – poměr netučné hmoty na kilogram hmotnosti, LTM- hmotnost netučné hmoty, BCM – celková buněčná hmota

Ve svalové skupině kyčel – abduktor jsme neprokázali významnou korelaci mezi žádným měřeným parametrem. Hodnoty pro tuto svalovou skupinu jsou shrnuty v tabulce 21.

Tabulka 21 Korelace svalové výdrže a tělesného složení kyčel – abduktor

Korelace		Spearman r	P
AUC	LTI (kg/m ²)	0,122	0,589
	LTM (kg)	0,260	0,242
	BCM (kg)	0,241	0,280

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, LTI – poměr netučné hmoty na kilogram hmotnosti, LTM – hmotnost netučné hmoty, BCM – celková buněčná hmota

Ve svalové skupině loket – flexor jsme sledovali významné pozitivní korelace téměř ve všech sledovaných parametrech. Výsledky jsou shrnuty v tabulce 22.

Tabulka 22 Korelace svalové výdrže a tělesného složení loket – flexor

Korelace		Spearman r	P
AUC	LTI (kg/m ²)	0,482	0,020
	LTM (kg)	0,587	0,003
	BCM (kg)	0,559	0,006

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, LTI – poměr netučné hmoty na kilogram hmotnosti, LTM- hmotnost netučné hmoty, BCM – celková buněčná hmota

Při hodnocení svalové skupiny rameno – abduktor jsme našli významné pozitivní korelace ve všech hodnocených parametrech. Nejtěsnější korelaci jsme našli v případě AUC/kg a LTM. Výsledky zobrazuje tabulka 23.

Tabulka 23 Korelace svalové výdrže a tělesného složení rameno – abduktor

Korelace		Spearman r	P
AUC	LTI (kg/m ²)	0,553	0,005
	LTM (kg)	0,614	0,001
	BCM (kg)	0,605	0,002

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, LTI – poměr netučné hmoty na kilogram hmotnosti, LTM – hmotnost netučné hmoty, BCM – celková buněčná hmota

Při hodnocení svalové skupiny koleno – kvadriceps jsme sledovali významné pozitivní korelace ve všech měřených parametrech. Nejtěsnější korelaci jsme pozorovali mezi hodnotami AUC a LTM. Přehledně výsledky zobrazuje tabulka 24.

Tabulka 24 Korelace svalové výdrže a tělesného složení koleno – kvadriceps

Korelace		Spearman r	P
AUC	LTI (kg/m ²)	0,453	0,030
	LTM (kg)	0,472	0,023
	BCM (kg)	0,469	0,024

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, LTI – poměr netučné hmoty na kilogram hmotnosti, LTM – hmotnost netučné hmoty, BCM – celková buněčná hmota

Svalová skupina síly stisku ruky prokázala významné pozitivní korelace ve všech měřených parametrech. Nejtěsnější korelaci jsme sledovali mezi hodnotami AUC a LTM. Navíc jsme v této svalové skupině pozorovali i významné korelace mezi hodnotami BMI a množstvím viscerálního tuku vyjádřeného v procentech. Přehledně hodnoty zobrazuje tabulka 25.

Tabulka 25 Korelace svalové výdrže a tělesného složení síly stisku ruky

Korelace		Spearman r	P
AUC	LTI (kg/m ²)	0,590	0,002
	LTM (kg)	0,703	<0,0001
	BCM (kg)	0,666	<0,0001
	BMI (kg/m ²)	0,661	<0,0001
	Viscerální tuk (%)	0,566	0,004

Vysvětlivky: AUC – plocha pod křivkou, LTI – poměr netučné hmoty na kilogram hmotnosti, LTM – hmotnost netučné hmoty, BCM – celková buněčná hmota

9. DISKUSE

V této diplomové práci jsme zjistili, že statisticky významný rozdíl ve svalové výdrž mezi fyzicky aktivními a neaktivními osobami do 27 let je možné pozorovat pouze v některých svalových skupinách.

Nenaplnilo se tak naše původní očekávání, že nalezneme významné rozdíly ve všech svalových skupinách. Důvodem, proč jsme u všech svalových skupin nezaznamenali stejné výsledky, může být zapříčiněno nedostatečným používáním vybraných svalových skupin při vykonávání fyzické aktivity nebo naopak jejich používáním při běžných životních úkonech, kdy jsou nuceni všichni jedinci tyto svalové skupiny využívat stejně, a proto jsme nemohli naměřit rozdíly mezi jednotlivými skupinami.

Dalším odůvodněním může být také to, že u mladých lidí se ještě neprojevil přirozený úbytek síly a svalové hmoty, jak k tomu dochází s přibývajícím věkem (58), a proto jsme nemohli naměřit významné rozdíly tak jako u aktivních a neaktivních jedinců ve starším věku (59-60).

Podobná studie zaměřující se na svalovou výdrž hodnotila změnu v délce svalové výdrže u konkrétního typu cvičení. V této studii prokázali zlepšení svalové výdrže v porovnání s kontrolní skupinou u všech sledovaných parametrů (61). Možným vysvětlením pro nenalezení statisticky významného rozdílu u všech svalových skupin v naší studii může být tudíž také to, že měřené subjekty v této studii vykonávaly různé druhy sportů, při kterých používaly každý jiné svalové skupiny.

Dalším důvodem může být i fakt, že každá svalová skupina má jinou schopnost únavnosti (62).

Zajímavým zjištěním je, že podíl tukuprosté hmoty u aktivní skupiny v porovnání se skupinou druhou byl vyšší, ale nedosáhl statisticky významné rozdílnosti, ačkoliv jsme při hodnocení korelace obsahu tukuprosté hmoty a délky svalové výdrže potvrdili významnou pozitivitu. Možným vysvětlením je opět to, že u takto mladých měřených objektů ještě nemusí docházet k přirozenému úbytku síly a výdrže svalů (59-60).

I v ostatních parametrech jsme u neaktivní skupiny zaznamenali tendenci k nižším hodnotám v porovnání s aktivní skupinou. Předpokládáme, že tyto rozdíly se budou s přibývajícím věkem měřených osob nadále zvětšovat (58).

Pozoruhodné výsledky jsme našli v asociaci mezi spirometrickými údaji a svalovou výdrží. Zjistili jsme, že jsme neshledali významnou asociaci mezi svalovou výdrží a spirometrickými údaji ve všech měřených svalových skupinách stejně, jak jsme očekávali.

Důvodem, proč tomu tak je, může být nedostatečné množství měřených osob nebo rozdílnou saturací svalů kyslíkem v závislosti na četnosti a rozsahu jejich používání. Měřené objekty vykonávají různé druhy sportů, u kterých používají jiné svalové skupiny a ty jsou pak jinak saturovány kyslíkem (63).

Tento aspekt však nebyl cílem sledování v naší studii. Zjištění důvodu, proč je závislost spirometrických údajů na svalové výdrži prokázána jen na některých svalových skupinách nám však otevírá cestu pro další výzkum.

V této práci jsme pracovali pouze s údaji 24 měřených objektů. Pro potvrzení námi zjištěných asociací mezi sledovanými parametry by bylo vhodné tuto studii dále rozšířit o větší počet měřených objektů. Další možností rozšíření této práce se nabízí v prokázání spojitosti mezi délkou svalové výdrže a rizikem vzniku onemocnění kardiovaskulárního nebo respiračního onemocnění s vlivem přibývajícího věku měřených objektů. Z tohoto důvodu by bylo vhodné tuto studii provést znovu s odstupem několika let.

10. ZÁVĚR

V této diplomové práci jsme zjistili, že jedinci s vyšším výdejem energie jsou schopni dosáhnout vyšších časových hodnot svalové výdrže než jedinci s nižším energetickým výdejem. Konkrétně byly časy svalové výdrže první skupiny vyšší o 32–60 %.

Přepočet výsledků délky svalové výdrže na hodnoty AUC ještě navýšil rozdíl mezi skupinami. První skupina dosáhla o 46–64 % vyšších výsledků v porovnání s druhou skupinou.

Při hodnocení složení těla jsme neprokázali statisticky významné rozdíly v obsahu tukuprosté ani tukové hmoty. Sledovali jsme pouze tendence k vyšším hodnotám u skupiny s vyšším výdejem energie. Významné rozdíly mezi skupinami jsme pozorovali pouze při hodnocení výšky, váhy a BMI ve prospěch skupiny s vyššími hodnotami energetického výdeje.

Obdobné výsledky jsme naměřili i u spirometrických parametrů, kde jsme zjistili u skupiny s vyšším denním výdejem energie lepší hodnoty spirometrických parametrů v porovnání s druhou skupinou. Statisticky významný rozdíl jsme však zjistili pouze u vrcholového výdechového průtoku.

Dále jsme sledovali korelaci energetického výdeje, spirometrických parametrů a tělesného složení s délkou svalové výdrže. Významné pozitivní korelace jsme při hodnocení energetického výdeje sledovali pouze u svalové skupiny kotník – flexor, loket – flexor, rameno – abduktor a stisk ruky. Obdobně dopadly i výsledky korelace spirometrických parametrů, u kterých jsme významnou pozitivní korelaci zaznamenali jen ve svalových skupinách kotník – flexor a u síly stisku ruky.

Hodnocení korelace svalové výdrže a složení těla jsme prokázali významnou pozitivní korelaci téměř u všech svalových skupin v obsahu tukuprosté hmoty a celkovou buněčnou hmotou. Pozitivní korelaci jsme neprokázali pouze u svalové skupiny kyčel – abduktor.

11. POUŽITÉ ZKRATKY

Body Composition Monitor (BCM)

Body cell mass (BCM) – celkovou buněčnou hmotu

Body mass index (BMI)

Clinical Analysis Software (CAS)

Fat Free Mass (FFM) – netučná hmota

Fat Mass (FM) – tuková hmota

Chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN)

Forced expiratory flow (FEF25, FEF50, FEF75) – průtoky vzduchu v různých fázích usilovného výdechu

Forced expiratory volume in the first second (FEV1) – usilovně vydechnutý objem vzduchu za 1 sekundu

Forced expiratory time (FET) – doba, po kterou trval usilovný výdech

Fat tissue index (FTI) – poměr tukové hmoty na metr čtvereční

Forced vital capacity (FVC) – usilovná vitální kapacita neboli největší objem vzduchu, který lze prudce vydechnout po maximálním nádechu

Lean tissue index (LTI) – poměr netučné hmoty na kilogram hmotnosti

Lean tissue mass (LTM) – hmotnost netučné hmoty

Peak expiratory flow (PEF) – vrcholový výdechový průtok, maximální rychlost vzduchu při usilovném výdechu

Percent Body Fat (% FAT) – procentuální obsah tělesného tuku

Tiffeneau index (FEV1/FVC) – poměr vydechnutého objemu za 1 sekundu a maximálního možného vydechnutého objemu vzduchu

Total Body Water (TBW) – celková tělesná voda

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Kategorie BMI a zdravotní rizika.....	21
Tabulka 2 Charakteristika měřených objektů	33
Tabulka 3 Charakteristika spirometrických údajů.....	35
Tabulka 4 Plocha pod křivkou kotník - flexor.....	36
Tabulka 5 Plocha pod křivkou svalové skupiny kyčel - abduktor	37
Tabulka 6 Plocha pod křivkou svalové skupiny loket-flexor	38
Tabulka 7 Plocha pod křivkou svalové skupiny rameno - abduktor.....	39
Tabulka 8 Plocha pod křivkou svalové skupiny koleno - kvadriceps.....	40
Tabulka 9 Plocha pod křivkou stisku ruky	41
Tabulka 10 Korelace svalové výdrže kotník - flexor na energetickém výdeji.....	42
Tabulka 11 Korelace svalové výdrže loket-flexor na energetickém výdeji	43
Tabulka 12 Korelace svalové výdrže rameno - abduktor na energetickém výdeji.....	43
Tabulka 13 Korelace svalové výdrže stisku ruky na energetickém výdeji.....	44
Tabulka 14 Korelace spirometrických parametrů a svalové výdrže kotník - flexor	45
Tabulka 15 Korelace spirometrických parametrů a svalové výdrže kyčel - abduktor.....	46
Tabulka 16 Korelace spirometrických parametrů a svalové výdrže loket - flexor	47
Tabulka 17 Korelace spirometrických parametrů a svalové výdrže rameno - abduktor	48
Tabulka 18 Korelace spirometrických parametrů a svalové výdrže koleno - kvadriceps.....	49
Tabulka 19 Korelace spirometrických parametrů a svalové výdrže stisku ruky	50
Tabulka 20 Korelace svalové výdrže a tělesného složení kotník - flexor	51
Tabulka 21 Korelace svalové výdrže a tělesného složení kyčel - abduktor.....	52
Tabulka 22 Korelace svalové výdrže a tělesného složení loket - flexor	52
Tabulka 23 Korelace svalové výdrže a tělesného složení rameno -abduktor	53
Tabulka 24 Korelace svalové výdrže a tělesného složení koleno - kvadriceps.....	53
Tabulka 25 Korelace svalové výdrže a tělesného složení síly stisku ruky	54

12. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Kaliper	20
Obrázek 2 Obecné znázornění dynamometrie	26
Obrázek 3 Dynamometrie kotník-flexor	27
Obrázek 4 Dynamometrie loket – flexor	27
Obrázek 5 Dynamometrie kyčel - abduktor	28
Obrázek 6 Dynamometrie koleno - kvadriceps	29
Obrázek 7 Dynamometrie rameno - abduktor.....	29
Obrázek 8 Dynamometrie síla stisku paže	30

13. SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Svalová výdrž kotník - flexor.....	36
Graf 2 Svalová výdrž kyčel - abduktor	37
Graf 3 Svalová výdrž loket - flexor.....	38
Graf 4 Svalová výdrž rameno - abduktor.....	39
Graf 5 Svalová výdrž koleno - kvadriceps.....	40
Graf 6 Svalová výdrž stisku ruky	41

14. POUŽITÁ LEITERATURA

1. Wojtek J., Proctor D. N., Flatarone M. A., Minson C. T., Nigg C.R., Salem G. J., Skinner J. S. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercised* [online]. 2009, 0195-9131/09/4107-1510/0 [cit. 2018-10-02]. Dostupné z: https://www.bewegenismedicijn.nl/files/downloads/acsm_position_stand_exercise_and_physical_activity_for_older_adults.pdf
2. Amati F., Dubé J. J., Alvarez-Carnero E., Edreira M. M., Chomentowski P., Coen M. P., Switzer G. E. et al. Skeletal muscle triglycerides, diacylglycerols and ceramides in insulin resistance. *American diabetes association*. [online]. 2011 Oct; 60(10): 2588-2597. [cit. 2018-24-03]. Dostupné z: <http://diabetes.diabetesjournals.org/content/60/10/2588.short>
3. Swati S., Pradeep N., Savita V., Sundeep S. Upper limb muscle strength and endurance in chronic obstructive pulmonary disease. *Indian Journal of Medical Research*. [online]. 2013, 138(4): 492–496 [cit. 2018-16-01]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3868061/>
4. Kerr A., Syddall H. E., Cooper C., Turner G. F., Briggs R. S., Aihie Sayer A. Age and ageing. 1st ed. Oxford: Oxford edition, 2006: 82-84.
5. Gale C. R., Martyn C. N., Cooper C., Aihie Sayer Avan. Grip strength, body composition and mortality. 1st ed. Oxford: Oxford edition, 2007: 228-235.
6. Kříž J. Prevence a ekonomika. *Hygiena* 2011; 56(3):80-94.
7. Cider A., Carlsson S., Arvidsson C., Andersson B., Sunnerhagen K.S. Reliability of clinical muscular endurance tests in patients with chronic heart failure. *European Journal of Cardiovascular Nursing* [online]. 2006, 5:122–126 [cit. 2018-16-01]. Dostupné z: http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1016/j.ejcnurse.2005.10.001?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dpubmed
8. Evans R. A., Kaplovitch E., Beauchamp M. K., et al. Is quadriceps endurance reduced in copn? *Chest journal* [online]. 2015, 3:673-684 [cit. 2018-24-03]. Dostupné z: [http://journal.chestnet.org/article/S0012-3692\(15\)39664-1/fulltext](http://journal.chestnet.org/article/S0012-3692(15)39664-1/fulltext)
9. Müllerová D. a kol. *Hygiena, preventivní lékařství a veřejné zdravotnictví*. 1st ed. Praha:Karolinum, 2014:256.

10. Wang Z-M., Pierson R. N. Jr., Heymsfield S. B. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 1992, 56:19-28 [cit. 2018-16-01]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/56/1/19/4715618>
11. Lohman T. G., Kimbly R., Pfeiffer K., Camhi S. et al. Relationship among fitness, body composition and physical activity. *Medicine and Science in sports and exercise* [online]. 2008, 40(6):1163-1170 [cit. 2018-24-03]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2561299/>
12. Dağ Z., Dilbaz B. Impact of obesity on infertility in women. *J Turk Ger Gynecol Assoc.* [online]. 2015, 16(2):111–117 [cit. 2018-10-01]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4456969/>
13. Riegerová J., Přidalová M., Ulbrichová M. Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu. 3. vydání. Olomouc: Hanex, 2006:262.
14. Anonymous. Optimální složení těla. [cit. 2018-10-02]. Dostupné z: <https://www.tanita-eshop.cz/optimalni-slozeni-tela>
15. Bláha P. Antropometrie československé populace od 6 do 55 let. 4. vydání. Praha: Ústřední štáb Československé spartakiády, 1987:244.
16. Konrádová V., Uhlík J., Vajner L. Funkční histologie. 1. vydání. Jinočany: H+H, 1998:363.
17. Bianchi, A. et al. Increased brown adipose tissue activity in children with malignant disease. *Hormone and Metabolic Research*[online]. 1989, 21:640–641 [cit. 2018-10-01]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4864942/>
18. Cui, Xiao-Bing, and Shi-You Chen. White Adipose Tissue Browning and Obesity. *Journal of Biomedical Research* [online]. 2017, 1–2 [cit. 2018-10-02]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5274505/>
19. The editors of encyclopaedia Britannica. *Encyclopaedia Britannica* [online]. 2018 [cit. 2018-24-03]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/adipose-tissue>
20. Junghyo J. Gavrilova O., Pack S., Jou W. Mullen S. et al. Hypertrophy and/or hyperplasia: Dynamics of adipose tissue growth. *Plos computational biology* [online]. 2009 [cit. 2018-24-03]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2653640/>

21. Hainer V. a kol. Základy klinické obezitologie. 2. vydání. Praha: Grada, 2011:464.
22. Nachtigal P. Metabolický syndrom a arteriální hypertenze.
file:///C:/Users/Uzivatek/Downloads/Nachtigal-Metabolicky-syndrom-Arterialni-hypertenze.pdf
23. Saito M, Yoneshiro T, Matsushita M. Activation and recruitment of brown adipose tissue by cold exposure and food ingredients in humans. *Best. Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab.* [online]. 2016, 30(4):537-547. [cit. 2018-10-02].
Dostupné z:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1521690X1630046X?_rdoc=1&_fmt=high&_origin=gateway&_docanchor=&md5=b8429449ccfc9c30159a5f9aeaa92ffb
24. Pastucha D. a kol. Tělovýchovné lékařství vybrané kapitoly. 1st ed. Praha: Grada, 2014: 104-106.
25. Walts, Cory T. et al. Do Sex or Race Differences Influence Strength Training Effects on Muscle or Fat? *Medicine and science in sports and exercise* [online]. 2008, 669–676. [cit. 2018-11-02]. Dostupné z:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2991130/>
26. Anonymous. Muscles. [cit. 2018-13-03]. Dostupné z:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmedhealth/PMHT0022447/>
27. Malina R, Bouchard C. Growth, maturation and physical activity. 1. vydání. Champaign:Human kinetics publishers, 1991:135.
28. Anonymous. Skeletal muscle. [cit. 2018-11-02]. Dostupné z:
<http://philschatz.com/anatomy-book/contents/m46478.html>
29. Zierath J. R., Hawley J. A. Skeletal muscle fibre type: influence on contractile and metabolic properties. *Plos biology* [online]. 2004, 2(10):348. [cit. 2018-13-03]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC521732/>
30. Dylevský I. Funkční anatomie. 1st ed. Praha: Grada, 2009:61.
31. Merkunová A., Orel M. Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory. 1st ed. Praha: Grada, 2008: 87-90.
32. Dylevský I. Ježek P. Stavba a funkce kostí. Základy funkční anatomie člověka. [online]. [cit. 2018-25-03]. Dostupné z:
<http://vos.palestra.cz/skripta/anatomie/4a1a1.htm>

33. Boskey A. L., Coleman R. Aging and bone. Journal of dental research. [online]. [cit. 2018-25-03]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2991386/>
34. Středa L. Univerzita hubnutí. 2nd. ed. Praha:SinCon, 2009:251.
35. Jabor A. Vnitřní prostředí. 1st ed. Praha:Grada, 2008:560.
36. Veselý O. Fyziologie homeostázy tělesné vody, regulace osmolality a objemu. [cit. 2018-13-03]. Dostupné z: <http://pfyziolklin.upol.cz/?p=5063>
37. Lavříková P., Fontana J. Metabolismus vody a minerálních látek. [cit. 2018-11-02]. Dostupné z: <http://fbt.cz/skripta/vii-vylucovaci-soustava-a-acidobazicka-rovnovaha/6-metabolismus-vody-a-mineralnich-latek/>
38. Ainsworth B. E., Haskell W. L., Herrmann S. D., Meckes N., Bassett D. R. Jr, Tudor-Locke C., Greer J. L., Vezina J., Whitt-Glover M. C., Leon A. S. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. Medicine and Science in Sport and Exercise. [online]. [cit. 2018-13-02]. Dostupné z: http://download.lww.com/wolterskluwer_vitalstream_com/permalink/mss/a/mss_43_8_2011_06_13_ainsworth_202093_sdc1.pdf
39. Chao-Qiang Lai. How much of human height is genetic and how much is due to nutrition? Scientific American [online]. 2018. [cit. 2018-13-02]. Dostupné z: <https://www.scientificamerican.com/article/how-much-of-human-height/>
40. Anonymous. Růstový hormon. [cit. 2018-11-02]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/R%C5%AFstov%C3%BD_hormon
41. Havlíčková L., Bartůňková S., Dlouhá R., Melichna J., Šrámek P., Vránová J. Fyziologie tělesné zátěže I. 5th. ed. Praha: Karolium, 2008:206.
42. Anonymous. BMI Calculator. [cit. 2018-11-02]. Dostupné z: <http://www.calculator.net/bmi-calculator.html>
43. Kushner R. F. Bioelectrical Impedance Analysis: A review of principles and applications. Journal of American College of Nutrition 1992;199-209.
44. Desport J. C., Preux P. M., Bouteloup-Demange C., Clavelou P. et al. Validation of bioelectrical impedance analysis in patients with amyotrophic lateral sclerosis. American journal of clinical nutrition. [online]. 2003 [cit. 2018-25-03]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12716669>

45. Lopot F. Bioimpedometrie a její využití v dialyzační léčbě. Vnitřní lékařství [online]. 2016 [cit. 2018-11-02]. Dostupné z: http://www.vnitrnilekarstvi.eu/vnitri-lekarstvi-clanek/bioimpedometrie-a-jeji-vyuziti-v-dialyzacni-lecbe-60096?confirm_rules=1
46. Anonymous. Bazální metabolismus. [cit. 2018-11-02]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Baz%C3%A1ln%C3%AD_metabolismus
47. Anonymous. Bazální metabolismus-kalkulačka. [cit. 2018-11-02]. Dostupné z: <http://www.bazalnimetabolismus.cz/>
48. Anonymous. Kolik je vám metabolických let?. [cit. 2018-11-02]. Dostupné z: <http://magazin.dobracec.cz/kolik-je-vam-metabolickyx-let>
49. Chlumský J., Fišerová J., Satinská J., Zindr V., Koblížek V., Křepelka J. Doporučený postup pro interpretaci základních vyšetření plicních funkcí. Závěry semináře pořádaného Sekcí patologie a fyziologie dýchání a funkční diagnostiky ČPFS a Nadačním fondem Astma v Hrotovicích (24.11.-26.11.2006) [online]. 2006. Dostupné z: <http://www.pneumologie.cz/soubory/Doporuceny%20pos.pdf>
50. Fišerová J. Základní a specializovaná funkční vyšetření plic. Doporučené postupy pro praktické lékaře. Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně 2001 [online]. Dostupné z: www.cls.cz/dokumenty2/os/r088.rtf
51. Hyatt R. E., Scanlon P., Nakamura M. Interpretation of pulmonary function tests: a practical guide. 4th. ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2014: 232.
52. Moore V. C. Spirometry: step by step. Ersjournals. [online]. [cit. 2018-13-02]. Dostupné z: <http://breathe.ersjournals.com/content/8/3/232>
53. Novotný J. a kol. Zátěžové testy. Kapitoly sportovní medicíny [online]. [cit. 2018-13-02]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/fsp/s/e-learning/kapitolysportmed/pages/18-11-zatezove-testy.html>
54. Anonymous. Digital Analyser – myometer instruction manual. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <file:///C:/Users/Uzivatel/Downloads/DigitalAnalyser-MyometerManual-Doc117-04.pdf>
55. Silventoinen K., Magnusson P. K. E., Tynelius P., Batty D. G., Rasmussen F. Association of body size and muscle strength with incidence of coronary heart disease and cerebrovascular diseases: a population-based cohort study of one million Swedish men. International Journal of Epidemiology [online]. [cit. 2018-13-02]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ije/article/38/1/110/697275>

56. Alahmari, Khalid A et al. Hand Grip Strength Determination for Healthy Males in Saudi Arabia: A Study of the Relationship with Age, Body Mass Index, Hand Length and Forearm Circumference Using a Hand-Held Dynamometer. *The Journal of International Medical Research* [online]. 2017, 540–548. [cit. 2018-13-02]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5536657/>
57. Incel N. A., Ceceli E., Durukan P. B., Erdem H. R., Yorgancioglu Z. R. Grip strength: effect of hand dominance. *Singapore medical journal*. [online]. 2002, 43(5):234-7. [cit. 2018-13-02]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12188074>
58. Keller K., Engelhardt M. Strength and muscle mass loss with aging proces. *Age and strength loss. Muscle Ligaments and tendons journal*. [online]. 2013, 346-350. [cit. 2018-13-03]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3940510/>
59. Solberg P. A. Effect of different types of exercise on muscle mass, strenght, function and well-being in elderly. *Sports and exercise medicine and health* [online]. 2011, 112-125. [cit. 2018-13-03]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17461391.2011.617391?scroll=top&needAccess=true>
60. Faulkner J. A., Larkin L. M., Claflin D. R., Brooks S. V. Age-related changes in the structure and function of sceletal muscles. *Clinical and experimental Pharmacology and Physiology* [online]. 2007, 1091-1096. [cit. 2018-13-03]. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1440-1681.2007.04752.x/full>
61. Kloubec J. A. Pilates for Improvement of muscle endurance, flexibility, balance and posture. *The journal of strength and conditioning research*. [online]. 2010, 661-667. [cit. 2018-13-03]. Dostupné z: https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2010/03000/Pilates_for_Improvement_of_Muscle_Endurance,.10.aspx
62. White C., Kimberley D., Dinesh S., Stokes M. Handgrip and quadriceps muscle endurance testing in young adults. *Springerplus* [online]. 2013, 2:451. [cit. 2018-13-03]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3776088/>
63. Korthuis R. J. *Skeletal muscle circulation*. 1st ed. San Rafael: Morgan & Claypool Life Sciences, 2011:35-52.

