

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

DIPLOMOVÁ PRÁCE

(Magisterská)

2016

PETR LÍZNAR

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

SPECIFIKA TĚLESNÉHO SLOŽENÍ U SPORTOVců A NESPORTOVců MLADŠÍHO
ŠKOLNÍHO VĚKU

Diplomová práce

(Magisterská)

Autor: Petr Líznar, učitelství pro střední školy,

Kombinace tělesná výchova – biologie

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.

Olomouc 2016

Jméno a příjmení autora: Petr Líznar

Název bakalářské práce: Specifika tělesného složení u sportovců a nespportovců mladšího školního věku

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii FTK UP v Olomouci

Vedoucí bakalářské práce: Doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.

Rok obhajoby bakalářské práce: 2016

Abstrakt: V této diplomové práci bylo analyzováno tělesné složení sportujících a nespportujících chlapců pomocí metody bioelektrické impedance. Parametry tělesného složení byly naměřeny prostřednictvím přístroje InBody 720. Měření čítalo celkem 728 nespportujících a 242 sportujících jedinců, kteří byli rozděleni dle svého věku do jednotlivých kategorií v rozmezí 7–12 let kategorie. Toto měření se uskutečnilo na Fakultě tělesné kultury univerzity Palackého v Olomouci a na jednotlivých základních školách, v předem vybavených učebnách. Naměřené hodnoty vybraných tělesných parametrů byly následně statisticky zapsány, vyhodnoceny a mezi jednotlivými věkovými skupinami porovnávány. Obě skupiny se řadí dle percentilových grafů do středně vysokých, skupiny 12letých byly zařazeny do kategorie malých, hmotnostně je nespportovní skupina do 10 let robustní, od 11 let spolu se sportovní skupinou patří do kategorie proporcionálních. Dle hodnoty BMI můžeme všechny skupiny řadit do kategorie mezi 25. a 75. Množství TBW od 10. roku, je vyšší u sportujících chlapců, přičemž ve věku 11 a 12 let jsou rozdíly statisticky významné. U ECW a ICW jsou tyto rozdíly obdobné. Procentuální množství tělesného tuku bylo hodnoceno dle www.inbody.cz jako nízké, u všech skupin. Ve věku 10, 11 a 12 byly hodnoty statisticky významné. Hodnoty FFM, SMM, BCM a fitness skóre jsou vždy vyšší u sportujících chlapců.

Klíčová slova: tělesné složení, mladší školní věk, bioelektrická impedance, InBody 720, sportující populace, nespportující populace

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Petr Líznar

Title of the bachelor thesis: Specifics of body composition in athletes and non-athletes young school age

Department: Department of Natural Sciences in Kinanthropology FTK UP in Olomouc

Supervisor: Doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.

The year of presentation: 2016

Abstract: In these thesis was analyzed body composition in athletes and non-athletes boys by bioelectrical impedace method. Parameters of body composition were measured by InBody 720 machine. The measurement consists of 728 non-athletes and 242 athletes, who were divided according to their age into different categories ranging 7–12 years. This measurement took place at the Faculty of Physical Culture (FTK) at Palacky's University in Olomouc. and at various elementary schools, in pre-equipped classrooms. Measured values of selected physical parameters were recorded, evaluated and compared. Both groups according to percentile graphs rank to a medium-high, 12-year groups were categorized as small. weight is unfair to the groups robust 10 years, from 11 years along with the sports gloup belongs to the category proportional. According BMI, all groups belong between 25. and 75. percentile. The amount of TBW 10th year is higher among athletes, while at the age of 11 and 12 years are statistically significant. for ECW and ICW these differences are alike. Percent of body fat mass was assessed by www.inbody.cz as low in all groups. At he age of 10, 11 and 12 values were statistically significant. FFM, SMM, BCM and fitness score are always higher with the athletes boys.

Keywords: body composition, adolescence, bioelectrical impedance, InBody 720, judo

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

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně s odbornou pomocí doc. RNDr. Miroslavy Přidalové, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a řídil se zásadami vědecké etiky.

V Rašovicích, dne 20. 6. 2016

.....

vlastnoruční podpis

Děkuji Doc. RNDr. Miroslavě Přidalové, Ph.D. za pomoc a cenné rady a odborný dohled, který mi poskytla při vypracování bakalářské práce.

Děkuji také svým rodičům za trpělivost a veškerou podporu během mého vzdělání.

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Syntéza poznatků.....	10
2. 1 Školní věk.....	10
2. 2 Tělesné složení	16
2. 2. 1 Modely tělesného složení	18
2. 2. 2 Základní komponenty tělesné hmotnosti.....	20
2. 3 Metody odhadu tělesného složení	32
2. 3. 1 Antropometrické metody.....	32
2. 3. 2 Bioelektrická impedance	33
3 Cíle	38
3. 1 Dílčí cíle	38
3. 2 Hypotézy	39
4. Metodika.....	40
4. 1 Charakteristika souboru.....	40
4. 2 Inbody 720.....	42
4. 3 Zpracování dat.....	46
4. 4 Měřené somatické charakteristiky	46
5. Výsledky.....	47
5. 1 Srovnání vybraných parametrů u sportujících a nesportujících žáků	47
5. 2 Srovnání vybraných somatických parametrů mezi věkovými kategoriemi	58
6 Závěr.....	63
7 Souhrn	65
8 Summary	67
9 Referenční seznam	69
10 Přílohy	75

1 Úvod

Tématem této diplomové práce jsou specifika tělesného složení u sportovců a nesportovců mladšího školního věku.

Toto téma jsem si vybral, jelikož s fotbalem jsem spjatý snad již od kolíbký, a doprovází mě po celý život. V současné době jsem aktivním hráčem, a zároveň i trenérem mladších žáků v týmu TJ Tatran Rousínov. Proto jsou výsledky mé práce pro mne přínosem v dalším kariérním postupu.

V mladším školním věku dochází k celkovému rozvoji dítěte, jak po fyzické, tak po psychické stránce. Jedná se o klíčové období, během kterého dochází k osvojování pohybových dovedností a s tím i spojeným rozvojem pohybových schopností. Jedná se o období, ve kterém se střídají etapy zrychleného a pomalejšího růstu, které jsou doprovázeny charakteristickými změnami tělesného složení. Právě analýza a hodnocení tělesného složení jsou klíčovými faktory, sledující změny tělesného složení v průběhu ontogeneze. Tato analýza se v dnešní době využívá v mnoha odvětvích (medicína, sport). Tělesné složení se může stanovit odlišnými způsoby. Nejhojněji využívanou metodou je stanovení tělesného složení pomocí bioelektrické impedance. Dle Riegerové, Přidalové a Ulbirchové (2006) je metoda BIA neinvazivní, relativně levná, a bezpečná a lze ji využít pro stanovení určitých parametrů, jak u zdravých lidí, tak i u jedinců s různými nemocemi, přičemž je vyžadována minimální fyzická aktivita.

V posledních letech je všeobecně známo, že již v dětském věku ubývá pohybové aktivity, která může mít za následek zvyšující se tělesnou hmotnost u dětí. Tento nedostatek je především způsoben špatným životním stylem, který děti vedou. Tento životní styl je typický svými sedavými aktivitami, jako je sledování televize, aktivity na PC, telefony nebo tablety. K napravnému tohoto životního stylu moc nepřispívá ani škola, ve které dítě většinu času prosedí jen za lavicí. I když na základních školách je povinná školní tělesná výchova, z vlastní zkušenosti vím, že aktivita v TV ani zdaleka nesplňuje svojí intenzitou požadovanou míru pohybové aktivity, která má pozitivní vliv na tělesný, psychický i sociální rozvoj. Dle mého názoru hlavním činitelem, který by měl nasměrovat dítě k správnému pohybovému režimu, jsou rodiče. Ve většině případů, pokud rodiče sami neprovádějí ve svém volném čase jakoukoliv pohybovou aktivitu, s největší pravděpodobností také jejich děti nebudou žádnou aktivitu provádět. Samozřejmě děti, které jsou již od útlého věku vychovávány k zdravému

aktivnímu životu a ke zdravé výživě, nejspíše budou v tomto životním stylu pokračovat i v dospělosti. Děti, které aktivně sportují, jsou většinou členy nějakého sportovního klubu. V dnešní době má dítě obrovskou šíři možností a může si samo vybrat, kterému sportu by se chtělo věnovat. I když se v současnosti rozšiřují základny populárních sportů, jako jsou florbal nebo tenis, tak v České republice má stále nejširší základnu fotbal.

Cílem sportovních i tělovýchovných organizací je především poskytovat prostředky pro pohybovou aktivitu. Tato pohybová aktivita by měla mít především pozitivní vliv na všestranný rozvoj dítěte. Prostřednictvím pravidelné pohybové aktivity o určité intenzitě dochází k spalování tělesného tuku, zvětšování tukuprosté složky, zejména kosterní svaloviny a také ke zpevnování kloubně pohybového aparátu a utužování organismu. Ovšem dle mého názoru, vliv školní TV na tělesný rozvoj dítěte je nedostatečný.

2 Syntéza poznatků

2.1 Školní věk

Řada odborníků se stále snaží rozdělit lidský věk do přesně vymezených hranic, ovšem neexistuje žádná charakteristika, která by byla dostatečně přesná a platila bez výjimky. Dle Riegerové, Přidalové a Ulbrichové (2006), každé období vychází z přirozeného předešlého vývojového období. Z hlediska lidské populace můžeme usuzovat, že co člověk, to samostatný unikát, s vlastním charakteristickým tempem vývoje, do kterého zasahují různé vnější i vnitřní, intersexuální a etnické faktory. Významně se na utváření somatického vývoje jedince podílí především genetické faktory, hormony a prostředí (geografie, sociální vliv, výživa, pohybová aktivita, klima), v němž jedinec žije. Z tohoto důvodu jsou vývojová období záležitostí pouze orientační a stanovená na základě konvence. Je nutno brát na vědomí, že biologický věk, který je z hlediska vývoje důležitější, může být zcela odlišný od věku kalendářního. Jedince z hlediska poměru těchto dvou věků můžeme označovat za normálního, akcelerovaného (biologický věk je vyšší než kalendářní) nebo retardovaného (biologický věk je jasně opožděný). Jak uvádí Kowal, Kryst, Sobiecki a Woronkiewicz (2012), děvčata během školního věku prochází značně rychlejším vývojem než chlapci, ovšem i chlapci vykazují dřívější nástup do puberty, než bylo dříve. Tento dřívější nástup se ovšem projevuje především na špatném vývoji kosterní soustavy a nesprávném vývoji páteře a kloubních aparátů. Celkovou ontogenezi můžeme rozdělit do věkových období dle obrázku 1, kdy se budeme především zabývat mladším a starším školním věkem.

Období	Používaná konvenční hranice	Biologické vymezení
PRVNÍ DĚTSTVÍ (Infans I)	končí v 7 letech	po prořezání M1
novorozenec	28 dní	od přestřižení pupečního provazce do zahojení pupeční jizvy
kojenec	12 měsíců	jen několik měsíců, do prořezání prvního zubu, asi 6 měsíců
Batole	od 1 roku do 3 let	růst mléčného chrupu, motorický vývoj, ovládnutí chůze
předškolní věk	od 4 do 6–7 let	změna postavy, první vytáhlost
DRUHÉ DĚTSTVÍ (Infans II)	končí ve 14–15 letech	do prořezání M2
mladší školní věk	od 6–7 do 11 let	růst trvalého chrupu, první známky sekundárních pohlavních znaků
starší školní věk	od 11–15 let	dospívání – puberta (menarche, poluce), druhá změna postavy
DOSPĚLOST dorostenecký věk (Juvenis)	od 15–18 let	od dosažení pohlavní dospělosti adolescence (mladistvá dospělost)
plná dospělost (Adultus)	do 30 let	zakládání rodiny, vrchol tělesné výkonnosti
zralost (Maturus I)	do 45 let	psychické zrání, počátek regrese morfologických znaků
střední věk (Maturus II)	do 60 let	vrchol psychické výkonnosti, pokles tělesné výkonnosti
stárnutí (Presenilis)	do 75 let	involuční změny, biologické „předpolí“ stáří
stáří (Senilis)	do 90 let	stařecké změny fyzické i psychické
kmetský věk	nad 90 let	

Obrázek 1. Časové rozdělení jednotlivých období vývoje jedince (dle Riegerové et al., 2006)

Mladší školní věk

Mladší školní věk lze charakterizovat přibližně od 6. do 11. roku života. Typické znaky potvrzující nástup tohoto období jsou růst trvalého chrupu, nebo utváření sekundárních pohlavních znaků. Dítě vstupuje do nové etapy života, nejen z biologického hlediska ale také z hlediska psychologického a sociálního. Jedinec zahajuje školní docházku, dochází k plnění prvních úkolů, což jej vystavuje určité zodpovědnosti, přichází do kontaktu s větším množstvím svých vrstevníků atd.

Somatický vývoj jedince odráží jeho zdravotní, sociální i psychologický stav z minulosti do přítomnosti. V dnešní době k hlavním faktorům ovlivňující správný tělesný vývoj můžeme řadit genetické vlivy a především výživu. V dětském věku dochází dle Riegerové a Ulbrichové (1998) k průběžnému přírůstku tělesné hmotnosti mezi 5. až 8. rokem života. Jedná se především o nárůst tukové komponenty, kdy postupně ubývá hnědá tuková tkáň a je nahrazována bílou tukovou tkání. Laurson, Eisenmann a Welk (2011) ve svém

výzkumu uvádí, že do 9. roku dochází k nárůstu procentuálního zastoupení BFM u obou pohlaví stejně a následně u chlapců dochází k částečné stagnaci.

Vývoj a růst u dětí ovšem nemusí probíhat vždy rovnoměrně. Příčinou můžou být tzv. sekulární akcelerační trendy (rychlejší tempo dospívání), které je charakteristické především zvětšující se průměrnou tělesnou hmotností. Tyto dlouhodobé změny v morfologické charakteristice, se objevují stále častěji a zároveň s předáváním z generace na generaci dochází k zvyšování určitým konstantním směrem. Tyto trendy jsou nejčastěji dokumentovány během nastupujících sekundárních pohlavních znaků. V poslední dekádě dochází u chlapců především k mírnému nárůstu podkožního tuku v oblasti dolních končetin a trupu, dále k úbytku kostních minerálů a zvětšení tloušťky pokožky. Za příčinu můžeme označit špatné stravovací návyky, nevyváženou stravu obsahující přebytečnou konzumaci vysokoenergetických pokrmů, snížené množství fyzické aktivity a náchylnost k sedavému životnímu stylu. Jak můžeme vidět na obrázku 2, Kowalův výzkum BMI u polských dětí, od roku 1983 až po rok 2010 zjistil, že hodnota BMI především od 13. roku života razantně stoupla a jednoznačně převyšuje dřívější hodnoty. Za příčinu můžeme považovat již výše zmíněné faktory. To vše vede k větší akumulaci tuku, což má za následek obezitu, s níž jsou spojeny zdravotní, ekonomické a psychologické problémy u dětí a následně mohou přecházet i do dospělosti. Toto potvrzuje řada výzkumů, které dodávají, že se jedná o celosvětový problém (Katzmarzyk, Shen, Baxter-Jones, Bell, Butte, Demerath et al., 2012; Kowal et al., 2013; Vignerová, Humeniúková, Paulová & Riedlowá, 2008).

Dlouhodobá výzkumná měření tělesné výšky u českých dětí ve věkovém rozmezí 0–16 let poukazují na dvě růstová období s vyššími přírůstky s následovanou stagnací. První období je ve věku od 6,5 do 7 let, kdy průměrná výška vzrostla ze 120 cm na 126 cm a následně v 8. roku života činila 131 cm. Druhé období přichází ve věku 12,5–13 let (Bláha 2006).

Riegerová et al. (2006) tvrdí, že rychlost růstu činí v průměru 5 cm za rok a prepubertálně klesá. Výzkumná měření jednotlivých vývojových křivek ukazují, že během dětství se přibližně každé dva roky cyklicky opakují stádia zrychleného růstu. Jedná se o tzv. období předškolního spurtu (4,6–4,8 let), mid-spurtu (6,7–7 let), pozdního dětského spurtu (8,6–9,2 let) a prepubertálního spurtu (10–10,8 let). Mezi jednotlivými růstovými vlnami se u dětí růst rovnoměrně zpomaluje a plynule navazuje na další vlnu růstové fáze. Nástup a

průběh těchto vývojových minispurtů je v populaci natolik variabilní, že výsledková růstová křivka v období dětství se jeví jako lineární.

Toto období je také charakteristické častými problémy s držení těla nebo ortopedickými vadami, které jsou především způsobeny špatnými návyky již z domova. Jedná se o dlouhodobá a nesprávná sezení jak doma, tak ve škole, nedostatečné návyky vykonávat pohybovou aktivitu, nesprávným nošením těžkých školních tašek. Tyto poruchy ve spojitosti s dalším vývojem tělesné stavby (rychle rostoucí kostra, pozdější nárůst svaloviny), mají za následek zdravotní komplikace v podobě, špatného vývoje nožní klenby, nesprávný vývoj páteře (problematika lordózy a kyfózy) nebo vlivem zkráceného svalstva a nesprávného držení těla.

Tato životní etapa je typická vysokou spontánní pohybovou aktivitou. Pohybová aktivita se nijak neliší od předešlého předškolního věku. Celkový vývoj motorického učení je v tomto věku podmíněn vývojem nervové soustavy a vývojem kosterní a svalové soustavy. Se zlepšováním dětské motoriky nesouvisí pouze intelektuální a fyzický rozvoj, ale podstatnou roli zde hraje i životní styl jedince (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Malina, Bouchard a Bar-Or (2004) doplňují, že pro toto věkové období je charakteristické neúspěšné provádění pohybů, jeho spontánnost a nepřesnost. Děti jsou také schopny zvládnout základy všech sportů, ovšem pro nejúčelnější efekt je doporučeno provádět s nimi cvičení formou hry.

Alvira-Fernandez, Velde, Boudeaudhuij, Bere, Manios, Kovacs, Jan, Brug a Moreno (2013) tvrdí, že pro správný rozvoj by měl být životní styl naplňován pohybovým režimem, ať už v organizované či neorganizované formě. Bohužel v dnešní době se děti stále méně věnují pohybové aktivitě, což jednoznačně vede k nárůstu obézních jedinců. Dochází především k úbytku každodenní, především přirozené, pohybové aktivity. Toto chování v sobě zahrnuje špatné stravovací návyky, nadměrný příjem předsádlých nápojů, hodiny u sledování televize a hraní počítačových her, a naopak nedostatek pohybové aktivity, v podobě aktivního docházení do školy, účastnění se sportovních aktivit, ať už rekreačně, či závodně. Kromě toho současné studie připojují, ve spojitosti s nevyváženou energetickou rovnováhou, i špatné spánkové návyky (Tabulka 1).

Tabulka 1. Životní režim ve spojitosti s tělesnou hmotností (upraveno dle Alvira et al., 2013)

	x	SD
Věk	11,6	2,73
Slazené nápoje (l/den)	0,63	0,63
Snídaně (dnů v týdnu)	6,02	1,80
Aktivní transport (min/týden)	53,55	54,85
Sportovní aktivita (hodiny/týden)	4,23	2,77
Sledování televize (hodiny/týden)	13,43	6,93
Užívání PC (hodiny/týden)	10,52	7,06
Spánek (hodiny/den)	9,05	0,86
	n	%
Normální váha	1546	73,0
Nadváha	466	22,0
Obezita	107	5,0

Z tohoto důvodu se stala obezita obecně hlavním, zdravotním problémem v celosvětovém měřítku. Recentní data napříč Evropou potvrzují, že jedinci trpící nadváhou nebo obezitou jsou především školní děti. Jako prevenci před obezitou by měl žák vykonávat každý den aktivitu, která by splňovala úroveň střední nebo vysoké intenzity. Právě fyzická aktivita je klíčem ke snižování a prevenci kardiovaskulárních onemocnění a problémů s pohybovým aparátem (Hallal, Victora, Azvedo, & Wells, 2006).

K tomu Vařeková a Dard'ová (2014) doplňují, že pravidelná pohybová aktivita střední intenzity má pozitivní vliv na řadu systémů a operací v lidském těle. Stejně jako neopomíjíme pozitivní účinky pohybové aktivity na pohybový a kardiovaskulární systém, neměli bychom opomíjet pozitivní účinky na náš nervový systém a to především na různé kognitivní operace. Kognitivní procesy a operace (myšlení, vnímání, pozornost) jsou základem lidské osobnosti a jejich rozvoj a podpora mají velký vliv na utváření životního stylu, spojeného s pohybovým režimem.

Pohybovou aktivitu můžeme také označit jako základní nástroj prevence proti degeneraci kognitivních funkcí ve stáří, proto by potenciál v pohybové aktivitě měl být využíván již od mladého věku.

I přes různé studie, které proběhly v posledních letech a jsou věnovány epidemickému šíření dětské obezity a možností jejího ovlivnění pomocí zvýšené pohybové aktivity, ze začátku dochází k pozitivnímu redukování tukové hmoty, ale ve skutečnosti tyto metody po krátké době selhávají a obezita se znovu vrací. Jedinou účinnou trvalejší zbraní v boji proti obezitě je přesně definovaná intenzivní zátěž aplikovanou měsíce až roky (Máček & Máčková, 2013).

Pro podporu zdraví a tělesné konstituce přikládá Sigmundová, Sigmund, a Šnoblová (2013), tyto 4 základní principy:

1. Provádění jakékoliv pohybové aktivity je rozhodně přínosnější než neprovádění žádné.
2. Zdravotní přínosy z provádění pohybové aktivity značně převažují nad jejími zdravotními riziky.
3. Mnohé zdravotní přínosy z pohybové aktivity se zvyšují při vyšší intenzitě, častější frekvenci nebo delší době jejího provádění.
4. Zdravotní přínosy z pohybové aktivity jsou do značné míry nezávislé na věku, pohlaví, rasové a národnostní příslušnosti jedinců.

Pro hodnocení základních antropometrických parametrů a somatických indexů jako jsou tělesná výška, hmotnost a BMI se využívají tzv. percentilové grafy. Pomocí těchto grafů můžeme zjistit, co nám naměřená hodnota vypovídá vzhledem k průměrné hodnotě dané populace určitého věku. Percentily tvoří dělítky mezi setinami daného souboru, tudíž soubor určitých dat je prostřednictvím těchto percentilů rozdělen na 100 totožných dílů. Po zakreslení naměřených dat do grafu můžeme okamžitě vyhodnotit a porovnat sledovaný parametr s daty vrstevníků a zjistit jeho odchylku od průměru. Pásmo širší normy je nejčastěji ohraničeno 3. a 97. percentilem. Pásmo středních hodnot je ohraničeno 25. a 75. percentilem a vyskytuje se zde 50 % všech hodnot (Krásničanová, 2005).

2. 2 Tělesné složení

V dnešní době, vzhledem ke stále zvětšujícímu se počtu obézních jedinců v populaci, přibývá i více expertů, jak z lékařských, tak i ze sportovních oborů, zabývajících se tělesným složením. Článků s touto problematikou kontinuálně přibývá nejen v odborných časopisech, ale i v běžných masmédiích. Bohužel v současnosti, i když veřejnost ví, jaká je aktuální situace, tak vzhledem k dnešnímu uspěchanému životnímu stylu, si lidé nejsou schopni najít dostatek volného času k vykonávání zdravé pohybové aktivity, která by dokázala redukovat počet zdravotních problémů, které jsou úzce spojeny právě s obezitou.

Jak uvádí Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006) celkové tělesné složení je ovlivněno geneticky a formováno vnějšími faktory, mezi které patří výživové faktory, celkový zdravotní stav organismu a pohybová aktivita. Tyto tři faktory mohou být v řadě publikací spojovány do jediného pojmu a to životní styl. Především pohybová aktivita je klíčová, pro změnu tělesného složení. Jak účinně působí tělesná zátěž na organismus, můžeme usoudit ze somatometrického hlediska především změnami hmotnosti jednotlivých komponent tělesného složení. Během tělesného zatížení dochází k nárůstu svalové složky (hypertrofie) a kosterní, navzdory úbytku složky tukové. Měření a časté sledování tělesného složení se využívá především ve vrcholovém sportu, kdy pro nejlepší výkony je klíčový určitý poměr zastoupení svalové a tukové složky. Tělesné složení, rozměry a stavba těla jsou důležitými faktory fyzické zdatnosti a motorické výkonnosti. Pro nejlepší výkony na vrcholové úrovni je vyžadováno správné zastoupení jednotlivých frakcí, např. u sprinterů je velmi důležitý poměr v zastoupení rychlých a pomalých svalových vláken.

Pravidelné monitorování tělesného složení může být využito k monitorování efektivity pohybového zatížení nebo k sledování optimálně zvolených fyzických cvičení při snaze o úpravu tělesné hmotnosti. Informaci o proporcionalitě lidského těla, konstituci a tělesném složení považujeme za jednu z důležitých zdravotně orientovaných zdatností. Tělesné složení, tělesné rozměry a celková stavba těla jdou podstatnými faktory fyzické zdatnosti a motorické výkonnosti (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

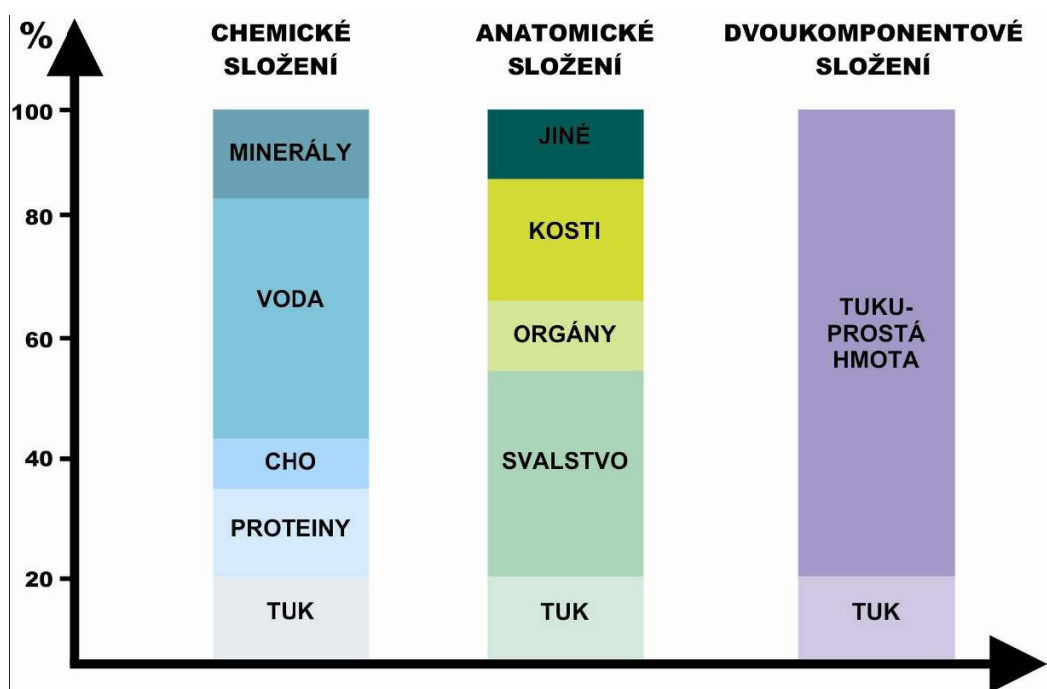
K odhadu tělesného složení se používá široké spektrum sofistikovaných metod, které se dělí na laboratorní a terénní metody. V posledních desetiletí došlo k jejich výrazné proměně a řada z nich se již využívá v běžném životě (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006; Přidalová, 2011). V současnosti se studie tělesného složení zaměřují na změny podílu jednotlivých tělesných frakcí v různých fázích tělesného vývoje, jedná se o období růstu a

stárnutí. Další studie se zabývají změnou tělesného složení v důsledku fyzického zatížení v tréninkovém procesu, zkoumají vlivy různých metabolických onemocnění, nebo hledají souvislosti mezi tělesným složením a psychikou člověka. Riegerová et al. (2006) dodávají, že úroveň jednotlivých frakcí celkové tělesné hmotnosti podává zprávu o aktuálním zdravotním stavu a výživě. Také doplňují, že pravidelné monitorování tělesného složení může být využíváno pro stanovení vhodné pohybové aktivity i k zjištění efektivity.

Tělesné složení během prepuberty a především během puberty je ukazatelem metabolických změn, jež se vyskytují během tohoto časového úseku ontogeneze. Toto období může obsahovat klíčové informace, které podávají informace nejen o současném zdravotním stavu, ale i o stavu budoucím. Během puberty, všechny hlavní komponenty tělesného složení (tělesný tuk, tukuprostá hmota, kostní minerály) vzrůstají (Okley, Booth, & Chey, 2004).

2. 2. 1 Modely tělesného složení

Bazální složky, tvořící lidské tělo, můžeme charakterizovat chemickým modelem (tuk, sacharidy, bílkoviny, minerály, voda), nebo anatomickým modelem (kosti, svaly, tuková hmota, vnitřní orgány, ostatní tkáně). Základním morfologickým parametrem, ze kterého při monitorování tělesné konstituce vycházíme, je tělesná hmotnost. Úroveň samostatných frakcí celkové tělesné hmotnosti nám také podává zprávu o výživě a aktuálním stavu jedince. Prostřednictvím pravidelného pozorování tělesného složení dostává trenér i sportovec zprávu o efektivnosti vybraných tělesných cvičení, ve snaze o regulaci tělesné hmotnosti (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová 2006).



Obrázek 2. Chemický, anatomický a dvoukomponentový model tělesného složení (upraveno dle Wilmora, 1992)

V dnešní době cílem stanovení modelu tělesné konstituce není pouhé rozdělení celkové tělesné hmotnosti na jednotlivé komponenty, ale stále častější snaha jeho uplatnění a integrace do fyziologie. Současné metody užívané pro stanovení tělesného složení jsou spolehlivé a všeobecně platné. Individuální data tělesných komponent, orgánů a tkání jsou měřena pomocí různých modelů, například jak uvádí Riegerová et al. (2006), v praxi se nejběžněji využívá stanovení tělesného složení pomocí dvoukomponentového modelu, který rozděluje tělo na tukovou a tukuprostou hmotu. Tříkomponentový model rozděluje tělo na tuk, vodu a sušinu

(minerály, proteiny). Při převodu do praxe se zjednodušil na komponentu tukovou, svalovou komponentu a kostní tkáň. Další čtyřkomponentový (4C) model specifikuje hmotnost jako tuk, buňky, minerály a extracelulární tekutinu. Model 4C je považovaný za zlatý standard, protože zahrnuje různé zdroje variability jednotlivých komponent. Těto metody se využívá i u dětí rozdílného věku, poměrně s velkou přesností.

V praxi užití vhodné metody závisí na předmětu zkoumání a také na míře přesnosti řešení daného problému. Informace o složení těla jsou popisná a používají se pro normativní analýzy (např. generování normálních hodnot a zařazování naměřených hodnot do percentilových grafů). Pokročilé modely tělesného složení směřují nad rámec normativních přístupů. Koncepce funkčního složení těla (FBC) bere v úvahu vztahy mezi jednotlivými tělesnými komponentami, orgány a tkáněmi a s tím i souvisejícími fyzickými a metabolickými funkcemi. FBC lze dále rozšířit na model zdravého tělesného složení (HBC), založený na horizontální úrovni (strukturální podstata těla) a vertikální úrovni (metabolické pochody a neuroendokrinní kontrola). Vztahy určité tělesné složky, i u vztahů mezi jednotlivými složkami celkového tělesného složení, nám za pomoci analytických vzorců a softwarového modelování s hierarchickým mnohaúrovňovým uspořádáním, podávají co nejpřesnější informace o aktuální tělesné konstituci. HBC integruje do celkové tělesné konstituce i systém kardiovaskulární, respirační, osmoregulační i imunizační. Vymezení tělesného složení je nezbytným předpokladem pro podrobnější fenotypizaci osob a poskytuje pevný základ pro hloubkové biomedicínské výzkumy a klinické vyšetření (Müller, Braun, Pourhassan, Geisler, & Bosy-Westphal, 2016).

2. 2. 2 Základní komponenty tělesné hmotnosti

Jak bylo uvedeno výše, lidské tělo tedy můžeme rozdělit do několika komponent, které jsou vzájemně propojeny. Vycházíme-li z výsledků přístroje InBody 720, mezi výsledné hodnoty, ze kterých se skládá celková hmotnost těla, můžeme řadit tyto tělesné komponenty: tělesný tuk (BFM), tukuprostou hmotu (FFM) a celkovou tělesnou vodu (TBW).

Tuk (Fat mass – FM)

Tuková složka patří mezi nejvariabilnější komponentu tělesného složení, měnící se během celého života. Jelikož tuto složku lze ovlivnit životním stylem (pohybová aktivita, stravovací návyky) jedná se o nejsledovanější komponentu lidského těla. Dle Riegerové et al. (2006) tuková složka je hlavním faktorem intra- a inter- individuální variability tělesného složení v průběhu celé ontogeneze. Řada odborníků pokládá za stěžejní, určení správného množství tukové složky. Nadměrné množství tukové komponenty se označuje jako obezita, s níž je spojena řada zdravotních problémů a nemocí. Obezita a nadváha jsou spojeny s vysokým krevním tlakem, s inzulinovou rezistencí a dalšími problémy. U jedinců trpících nadváhou či obezitou dochází také ke kardiovaskulárním, ortopedickým a psychosociálním poruchám. Naopak pokud jedinec disponuje nízkým množstvím tukové složky, jsou zdravotní problémy spojeny s různými dysfunkcemi základních fyziologických funkcí, vyžadující určité množství tuku (Hajn, 2001; Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

V dřívější době byla tuková tkáň považována pouze za pasivní místo ukládání energie bez vlivu na ovlivňování en. homeostázy. Ovšem v 90. letech minulého století výzkumy prokázaly spojitost mezi tukovou složkou a produkcí hormonů. Hormony produkované tukovou tkání hrají rozhodující roli v regulaci energetického příjmu, energetického výdeje i celkového metabolismu lipidů a sacharidů. Významným hormonem je leptin. Hlavní biologická role leptinu je adaptace na sníženou dostupnost energie (hladovění). Podílí se na homeostáze organismu, omezuje příjem potravy a zvyšuje energetický výdej, účastní se jaterní glukoneogeneze. Podílí se na řízení celkové ontogeneze člověka. Reguluje tvorbu a nástup sekundárních pohlavních znaků v pubertě a nepřímo působí na kostní metabolismus, přičemž nedostatek leptinu v mladším věku, může být rizikový faktor pro pozdější problémy spojené s osteoporózou. Dalším významným hormonem je acylaci stimulující protein (ASP), který zvyšuje účinnost syntézy triacylglycerolu v adipocytech, což vede k lepšímu odstranění tuků po jídle, a menšímu riziku vzniku obezity. Nedostatek ASP vede k redukci tělesného tuku a zvýšené citlivosti na inzulín. Významný hormon je také adiponectin. Jedná se o hormon regulující řadu metabolických procesů, včetně regulace glukózy a oxidaci mastných

kyselin. Tento protein hraje roli v potlačení metabolických poruch, které mohou vést k diabetu 2 typu, obezitě, ateroskleróze nebo patologickému ztučnění jater. Současně v kombinaci s leptinem dokáže kompletně zvrátit inzulínovou resistenci (Havel, 2004). Další látky, které ovlivňují distribuci a metabolismus tuků jsou thyroidní hormony (hormony štítné žlázy). Jedná se o tyroxin, trijodthyronin a kalcitonin. Přítomnost prvních dvou hormonů zvyšuje energetický metabolismus, naopak snížená sekrece štítné žlázy metabolismus zpomaluje a tím i zvyšuje ukládání tuků do těla.

Ženy mají procentuálně vyšší množství tělesného tuku než muži, a také mají rozdílnou distribuci tukové složky. Jejich distribuci a hospodaření s tukem ovlivňují především ženské pohlavní hormony estrogeny. Tyto hormony ovlivňují lipogenezi i celkový tukový metabolismus. Na základě řady výzkumů bylo zjištěno, že estrogen zvyšuje velikost a počet podkožních adipocytů a snižuje činnost lipolýzi. Dále patologicky zvýšená koncentrace cirkulujícího kortizolu v krvi je spojena s poruchami metabolismu a dochází k vzniku centrální obesity, zvýšeného krevního tlaku, nebo inzulínové rezistence. U obézní ženy je produkce glukokortikoidů zvýšená, ačkoliv hladina kortizolu je nižší nebo v normě. To může být způsobeno specifickými tkáňovými změnami v produkci kortizolu (Mattsson & Olsson, 2007).

Tuk v lidském těle plní řadu významných funkcí. Jedná se o stěžejní zásobárnu energie, které je využívána během tělesného zatížení, nebo při nedostatku cukru (1g tuku = 38 KJ). Tuky obsahují také různé esenciální mastné kyseliny, potřebné ke správné funkci metabolismu. V tukové složce jsou ukládány a přenášeny vitamíny (A, D, E, K) a také jsou zde uloženy hormony steroidní povahy. S tukem jsou i spojené fosfolipidy, tvořící semipermeabilní membrány. Tvorba tuku se nazývá lipogeneze a dochází k ní po jídle v tukových buňkách, tzv. adipocytech (Clarys, Deriemaeker, Clijsen, Taeymans, Aerenhouts, & Barel, 2012; Demura & Sato, 2007).

Tukovou tkáň můžeme rozdělit na bílou a hnědou. Hnědá tuková tkáň se vyskytuje především u novorozenců, tvořící 4–6 % celkové tělesné hmotnosti. Tato tkáň je uložena především v horní části kolem páteře, kolem ledvin a v oblasti ramen. Hlavní funkcí je spotřeba energie za tvorby tepla. Během dalšího vývoje tuková tkáň postupně mizí, až se téměř celá vytratí. Naopak bílá tuková tkáň se u nás vyskytuje během celé ontogeneze (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová).

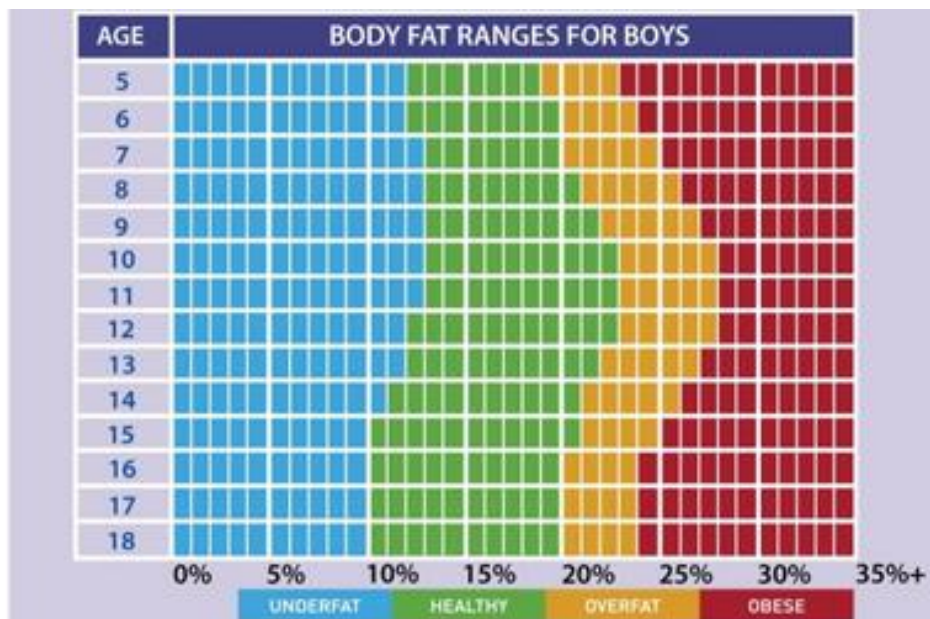
Riegerová et al. (2006) uvádí, že podle metabolické aktivity můžeme tukovou komponentu rozdělit na viscerální (nitrobřišní) a podkožní. Z metabolického hlediska je viscerální složka aktivnější, obsahuje menší adipocyty a její látky se prostřednictvím krevního oběhu dostávají do jater, což podmiňuje řadu dalších dějů spojených s metabolismem. Během života je množství obou složek navzájem variabilní, ovšem dle Kravitzové a Heywarda (1992), je u žen množství viscerálního tuku vyšší. Haluzík, Trachta a Haluzíková (2010) přidává k těmto dvěma tukovým složkám i tukovou tkáň epikardiální. Tato tkáň obaluje srdce a u pacientů s aterosklerózou vytváří řadu negativních i prozánětlivých metabolitů.

Riegerová et al. (2006) tvrdí, že množství tukové komponenty je ovlivněno pohlavním dimorfismem. Zhruba do 13 let je ukládání tuků podobné a moc se neliší, ovšem dalším postupem času se ukládání tuků začíná diferencovat. Od období adolescence se u mužů primárně ukládá tuk na místa, která neomezují pohyb, tzn. záda, hrudník a břicho. Naopak u žen se tuk většinou koncentruje v oblasti pasu či paží. Významnou roli v rozložení tukové tkáně hraje také etnická a rasová příslušnost.

Jelikož v našem sledovaném souboru jsou zahrnuti jedinci mladšího školního věku, proto záměrně vynechávám data o rozložení tělesného tuku u dospělé populace.

Tabulka 2. Množství tělesného tuku v % u dětí rozdílného věku (upraveno dle http://gmon.info/man_de/.bersichtderimgmonverwendetenbewertungsbereiche2.htm)

	nízký	optimální	zvýšený	vysoký
7 let	< 13	13 – 20	20 – 25	> 25
8 let	< 13	13 – 21	21 – 26	> 26
9 let	< 13	13 – 22	22 – 27	> 27
10 – 12 let	< 13	13 – 23	23 – 28	> 28
13 let	< 12	12 – 22	22 – 27	> 27
14 let	< 12	12 – 21	21 – 26	> 26
15 let	< 11	11 – 21	21 – 24	> 24
16 – 18 let	< 10	10 – 20	20 – 24	> 24
19 – 20 let	< 9	9 – 20	20 – 24	> 24



Obrázek 3. Množství tělesného tuku u chlapců (dle <http://www.tanita.com/en/healthylivingforkids/>)

Jak můžeme vidět, tabulka, i obrázek znázorňují jednotlivé zastoupení tukové komponenty u dětí od 5 a 7 let do dospělosti. I když se v některých věkových kategoriích hodnoty od sebe navzájem mírně liší, můžeme pokládat tato data za objektivní a reliabilní pro porovnání s naším souborem. Optimální množství tělesného tuku je znázorněno zelenou barvou, kdy v období 9.–11. let roste a následně po 12. roku života opět klesá. Jak uvádí Bunc, Cigánek, Moravcová a Kalous (2007), okolo 12. roku dochází u chlapců k poklesu procentuálního zastoupení tělesného tuku, ovšem v dnešní době hodnota podkožního tuku stagnuje či narůstá. Příčinou je jednoznačně nedostatek adekvátní pohybové aktivity.

Tabulka 3. Hodnoty procentuálního zastoupení tukové komponenty u chlapců ve věku 6–14 let (dle Bunce, 2006)

Věk	% BF
6	22,4 ± 4,1
7	21,4 ± 3,8
8	20,4 ± 4,4
9	20,1 ± 3,6
10	19,9 ± 3,2
11	19,5 ± 3,0
12	18,2 ± 3,1
13	17,9 ± 2,9
14	18,0 ± 2,8

Jak můžeme vidět v tabulce 3, Bunc (2006) provedl výzkum, čítající 756 chlapců ve věkovém rozmezí 6–14 let. Z výsledků můžeme usuzovat, že procentuální zastoupení tukové komponenty s rostoucím věkem klesá. Dále Bunc (2006) doplňuje, že jednotlivé komponenty utvářející tělesné složení, signifikantně ovlivňují aerobní zdatnost.

Tukuprostá hmota (Fat free mass, FFM)

Dle Riegerové et al. (2006), nejjednodušší způsob jak získat tukuprostou je určit rozdíl mezi tukovou složkou a celkovou tělesnou hmotností. Rössner (2002) uvádí, že FFM se skládá v převážné části z vody (72 %), další složkou jsou proteiny (21 %) a kostní minerály (7 %).

Jedná se o heterogenní komponentu, u které se poměr jednotlivých složek (svalstvo, kostra, ostatní tkáně) mění v závislosti na pohlaví, věku, pohybové aktivitě a dalších exo- i endogenních faktorech. Dle Riegerové et al. (2006), FFM tvoří z 60 % svalstvo, 25 % tvoří opěrné a pojivové tkáně a 15 % utváří vnitřní orgány.

V lidském těle se vyskytují 3 typy svalové tkáně. Příčně pruhované svalstvo je zastoupeno ze všech tří složek nejvíce (40 % u mužů a 30 % u žen). Jedná se o svalstvo ovlivnitelné vůlí, svalstvo je uloženo v periférii lidského těla a primárně spolu s kostmi utváří pohybový aparát. Asi 10 % z celkové svaloviny zastupuje hladké svalstvo. Svalstvo není ovladatelné vůlí a je soustředováno především kolem orgánů. Svalstvo svými pohyby

napomáhá např. k lepšímu promíchání potravy, vazokonstrikci, vazodilataci, atd. Posledním typem je speciální svalovina srdeční. Tato svalovina se svojí organizací spíše podobá svalovině příčně pruhované, ovšem přejímá hlavní funkci od svaloviny hladké a to automatici (Riegerová et al., (2006).

Jak bylo řečeno v průběhu věku se jednotlivé vnitřní složky FFM mění (tabulka 4). Během stárnutí se vnitřní orgány zmenšují, dochází také k úbytku svalové hmoty, která je nahrazována složkou tukovou, Souběžně dochází také k snižování obsahu tělesné vody, naopak dochází k nárůstu ostatních anorganických látek. Rozdílné množství svalové hmoty zaznamenáváme i s rozdílem pohlaví. U novorozenců tvoří svalstvo zhruba 25 % z celkové hmotnosti těla. K největšímu nárůstu svalstva dochází u chlapců mezi 15. a 17. rokem života a u dívek kolem 13. roku. Dochází především k zvětšování příčného průřezu svalu, což se označuje jako hypertrofie. Nejlepším způsobem k docílení nárůstu svalstva je pravidelné cvičení a vyvážená strava. Mezi další faktory ovlivňující růst svalové složky patří hormony, např. testosteron (Maffulli, Chan, Macdonald, Malina, & Parker, 2001).

Tabulka 4. Procentuální zastoupení svalstva v průběhu vývoje (upraveno dle Riegerová et al., 2006)

Věk (roky)	Kreatininurie		Matiegkova metoda		Drinkwaterova metoda	
	muži	ženy	muži	ženy	muži	ženy
5	42,0	40,2				
7	42,5	46,6	39,5	38,6	41,1	40,1
9	45,9	42,2	41,1	38,4	41,5	40,7
11	45,9	44,2	41,5	40,7	41,7	41,6
13	46,2	43,1	42,2	40,7	43,0	41,8
15	50,3	43,2	45,1	40,5	44,2	41,3
17	52,6	42,0	47,6	40,8	45,1	40,6

Clark (1951)	Ulbrichová (1988)	Bláha (1986)
--------------	-------------------	--------------

Tabulka 5. Procentuální zastoupení svalové hmoty u dětí a dospívajících (upraveno dle http://www.gmon.info/man_de/muskelmasseundknochen_masse.htm)

	nízký	snížený	optimální	zvýšený
7 let	< 31	31 – 36	36 – 47	> 47
8 let	< 31	31 – 35	35 – 47	> 47
9 let	< 30	30 – 34	34 – 47	> 47
10-12 let	< 30	30 – 33	33 – 47	> 47
13 let	< 31	31 – 34	34 – 48	> 48
14 let	< 32	32 – 35	35 – 38	> 48

Z tabulky 5 můžeme usoudit, že růst hodnot je způsoben především nárůstem svalové frakce v průběhu tělesného vývoje jedince.

Existují různé varianty, jak vypočítat celkové množství tukuprosté hmoty. Riegerová et al. (2006) vychází z poznatků, že většina FFM utváří voda, jejíž hodnota průměrného zastoupení je 73,2 %. Tudíž hodnotu fat-free mass může vypočítat ze vzorce:

$$FFM = TBW/0,732$$

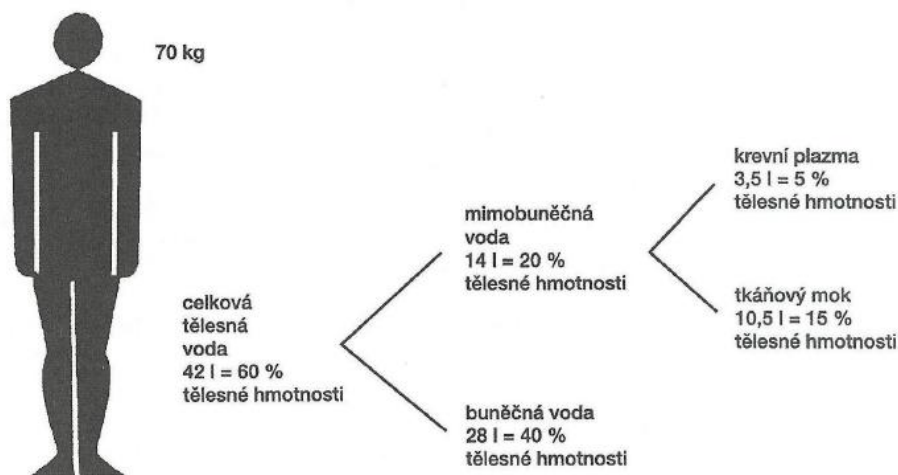
Další komponentou tukuprosté složky jsou kosti. Kosterní soustava spolu se svaly zajišťuje pohyb. Další významná funkce je ochrana životně důležitých orgánů. Během ontogeneze je procentuální zastoupení kosterní složky, jak u novorozenců, tak u dospělých osob relativně stejné. Ovšem byly zjištěny rozdíly v podílu beztukové sušiny kostní tkáně na hmotnost těla. U žen jsou tyto rozdíly nižší než u mužů. U novorozenců se udává 3 % a u dospělých okolo 6–7 %. Tyto rozdíly jsou způsobeny především změnou stavby chrupavky. Zatímco u novorozenců je chrupavka chudá na vápník, v průběhu tělesného vývoje dochází k nahrazování kostní tkáně, která je naopak na vápník bohatá. Tudíž u dospělých jedinců kostní minerály vytváří 4–5 % hmotnosti těla, zatímco u novorozenců se jedná o 2 %.

Tělesná voda (total body water, TBW)

Voda je základní složka živého organismu. Jedná se o nejvýznamnější kapalinu pro lidské tělo. Její množství je závislé na věku (s vyšším věkem se hodnota snižuje), tělesné hmotnosti i pohlaví. Tělo novorozence obsahuje 80–85 % vody, tělo dospělého muže už jen

60 %. Největší množství vody je obsaženo v krvi (83 %), dále ve svalech (73 %) a také v kůži (72 %). Jak bylo uvedeno výše, aktivní tělesná složka u dospělého jedince je tvořena přes 60 % vodou. Menší obsah vody je v kostech (22 %) a tukové tkáni (10 %). Z toho vyplývá, že obézní lidé mají nízký obsah vody v těle (45 %). Dle místa uložení a funkce dělíme vodu na intracelulární (v buňkách) a extracelulární (v krvi, tkáňovém moku, lymfě). U dospělého muže asi 40 % z celkové tělesné hmotnosti tvoří intracelulární tekutina (ICT) a 20 % extracelulární (ECT). Ženské tělo obsahuje zhruba 53 % vody z celkové tělesné hmotnosti. Intracelulární tekutina je zastoupena 32 % a extracelulární 21 % (Rokyta, 2000). Extracelulární voda se dále dělí na tekutinu intersticiální (tkáňový mok) a intravaskulární (krevní plazma). Intravaskulární voda je uvnitř cév zajišťující krevní oběh a tvoří 25 % ECT. Zbýlých 75 % extracelulární tekutiny tvoří voda intersticiální, obklopující buňky různých tkání (Langmeier a kol., 2009).

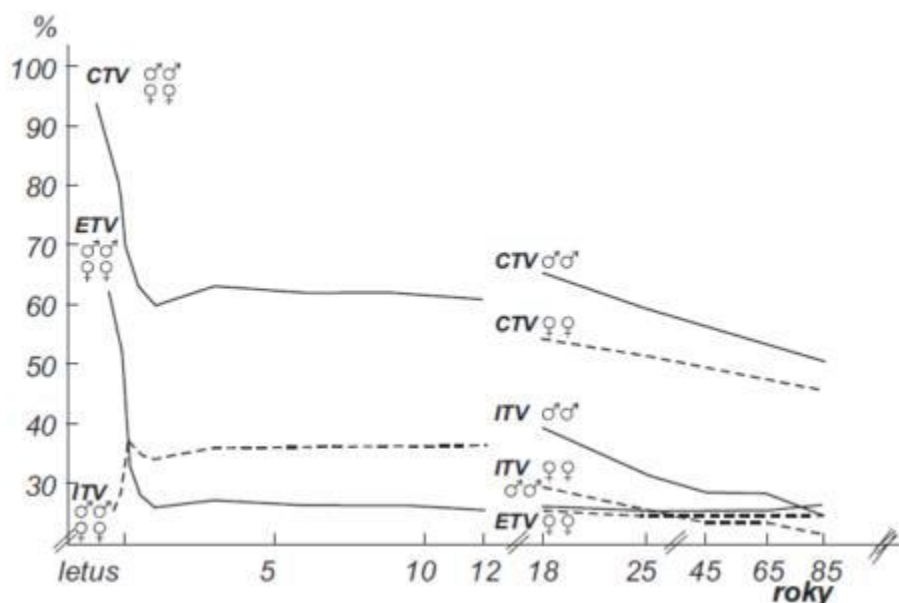
Trojan (2003) ve své publikaci uvádí, že dospělý muž o hmotnosti 70 kg, je tvořen 42 l (60 %) vody. Přitom 14 l (20%) vyplňuje voda extracelulární, a 28 l (40 %) je voda intracelulární. Mimobuněčnou vodu dále dělí na krevní plazmu, která je zastoupena 3,5 l (5 %) a tkáňový mok v zastoupení 10,5 l (15 %) z celkového množství tělesné vody.



Obrázek 4. Procentuální zastoupení vody v lidském těle (upraveno dle Trojan, 2003)

Voda v lidském těle zastává nepřehledné množství funkcí. Zajišťuje transport živin a ostatních látek, zastává funkci polárního rozpouštědla, odehrává se v ní velké množství metabolických pochodů, působí při regulaci tělesné teploty, během těhotenství obklopuje a chrání plod, atd. Navzdory tomu že se jedná o látku, která je nejvíce zastoupena v lidském těle, je často zanedbávána, protože objem TBW za normálních zdravých podmínek je dobře

regulován. Ovšem pokud množství TBW klesne, příčinou dehydratace pod 15 %, dochází v tomto případě už o ohrožení života (Roche, Heymsfield, & Lohman, 1996).



Obrázek 5. Množství celkové (CTV), extracelulární (ETV) a intracelulární (ITV) vody během tělesného vývoje (upraveno dle Riegerová et al., 2006).

Na obrázku 7 můžeme vidět procentuální zastoupení tělesné vody během ontogeneze. Můžeme vidět, že během prenatálního vývoje až do druhého roku života, dochází k snížení množství tělesné vody. Následně během dětství se hodnota tělesné tekutiny ustálí, bez rozdílu pohlaví. K rozdílným hodnotám dochází až v období postpubertálním. U chlapců dochází k zvýšení míry hydratace, naopak u žen dochází k poklesu. I když podíl ECW během 12.–18. roku života je relativně stabilní, tak množství ICW u chlapců se v tomto charakteristickém období zvyšuje a u dívek snižuje (Riegerová et al., 1998).

Bunc (2006) měřil celkové množství tělesné vody u 756 probandů rozdílné aerobní zdatnosti, ve věkové kategorii 6–14. Z tabulky 6 vyplývá, že procentuální množství tělesné vody se s rostoucím věkem snižuje.

Tabulka 6. Procentuální zastoupení tělesné vody u chlapců ve věku 6–14 let (upraveno dle Bunc, 2006)

Věk	% TBW
6	69,2 ± 5,1
7	68,4 ± 4,1
8	67,3 ± 3,6
9	66,6 ± 3,4
10	65,3 ± 3,1
11	64,3 ± 3,0
12	63,7 ± 3,2
13	62,4 ± 3,6
14	60,7 ± 3,7

Vodní režim u dětí

Vodní režim je definován jako rovnováha mezi získaným množstvím tělesné vody a množstvím tělesné vody, která se ztrácí. Za normálních podmínek nejvíce tělesné vody odchází ven prostřednictvím vylučovacího systému a pokožkou, a menší množství je odváděno plícemi a vyloučeno ve stolici. Průměrná ztráta celkové tělesné vody během dne u zdravého dospělého jedince je zhruba 2,6 l (<http://www.h4hinitiative.com/everyday-hydration/water-balance-regulation>). Metabolismus produkuje odpadní látky, které musí být z těla vyloučeny. Tyto odpadní látky se dostávají z těla především prostřednictvím moči. Zdravý dospělý jedinec za den vyloučí průměrně 1,5 l sekundární (odpadní) moči. Míra vyloučené moči závisí na hydratačním stupni organismu a také na funkčnosti ledvin a hormonálního systému. Dítě průměrně vyloučí za den 600 až 1300 ml. Toto vylučované množství se zvětšuje zároveň se zvětšujícími se vnitřními orgány v průběhu ontogeneze, až dosahuje hodnot dospělého jedince (Alexy, Cheng, Libuda, Hilbig, & Kersting, 2012).

Tabulka 7. Průměrná ztráta vody během dne (upraveno dle <http://www.h4hinitiative.com/everyday-hydration/water-balance-regulation>)

Average DAILY WATER LOSS	
Kidneys	1.5 L
Respiratory tract	0.4 L
Gastrointestinal tract	0.2 L
Skin	0.5 L
TOTAL	2.6 L

K ztrátám vody přes pokožku dochází především při pocení. Jedná se o aktivní mechanismus, při kterém dochází k vylučování vody a dalších složek tělesného metabolismu (ionty, minerální látky), prostřednictvím potních žláz. Základní funkcí je ochlazení celkového organismu a zabránění přehřátí. Na druhou stranu i v bezvědomí dochází k ztrátám vody, a to evaporací z respiračního systému a také prostou difuzí přes pokožku (EFSA, 2010).

Jak u dětí, tak i dospělých jsou ledviny životně důležitým orgánem, zodpovědným za regulaci objemu a složení extracelulární vody. Množství a koncentraci jednotlivých látek, které jsou z těla vyloučeny, řídí komplex složitých neuroendokrinních drah. Ledviny jsou hlavním orgánem pro udržování tělesné vody a pro rovnovážnou bilanci elektrolytů. Fungují jako selektivní filtr, eliminující nežádoucí metabolické produkty, a rozhodují, které látky z těla vyloučit a které ponechat. Ledviny jsou schopny reabsorbovat nebo vylučovat vodu v závislosti na potřebách těla. Tyto funkce jsou zajištěny pomocí různých hormonů (ADH, aldosteron, natriuretický hormon.). Např. antidiuretický hormon (ADH) zajišťuje zpětnou resorpci vody v ledvinách a udržuje tak správnou hladinu tělesné vody. Tento hormon také vyvolává pocit žízně (Groff, Gropper, & Hunt, 1995).

Když ztráta vody převyšuje příjem, tělo vstupuje do stádia hypohydratace. Kromě ledvin, také žízeň hraje významnou roli při obnově vodní rovnováhy, jelikož stimuluje potřebu pít. Žízeň je pocit vyvolaný nejen fyziologickými procesy (buněčný osmotický tlak, ADH), ale i procesy behaviorálními (strava, dostupnost nápoje). Nicméně ani přes vypití určitého množství tekutin, nemusí dojít k adekvátní hydrataci organismu. Ve skutečnosti některé studie uvádějí, že pokud necháme dehydratovanému dítě svobodnou volbu k výběru nápoje, tak nevypije dostatečné množství tekutiny pro zpětné zavodnění organismu (Rowland, 2011).

Příjem tekutin je jeden z klíčových prvků zdravého životního stylu. Otázkou správného pitného režimu není pouze množství tekutin, které člověk vypije, ale také kvalita toho co pijeme. Nadměrný a pravidelný příjem nápojů obsahujících cukr, zvyšuje energetický příjem ve srovnání s obyčejnou pitnou vodou. Řada studií prokázala, že nadměrné množství přeslazených nápojů může vést ke zvýšené tělesné hmotnosti. Přibývá důkazů o tom, že nadměrná spotřeba slazených nápojů je spojena s rizikem vzniku diabetu 2. typu. Tudíž převážná část denního příjmu tekutin by měla pocházet pouze z čisté vody (upraveno dle <http://www.h4hinitiative.com/hydration-health/healthy-hydration-and-obesity>).

Během tělesného zatížení naše svalstvo produkuje teplo, které musí být odváděno k udržení stejné tělesné teploty. Právě voda působí jako nosič tepla, krve, i jako chladicí systém, pro odstranění přebytečného tepla prostřednictvím potu. V závislosti na typu a intenzitě pohybové aktivity, dochází k různému množství odváděného potu. Např. během hodiny v teplém počasí trénovaný muž ztrácí během plavání přibližně 0,4 l vody, během fotbalu 1,5 l, nebo během tenisu 1,6 l (Sawka, Burke, Eichner, Maughan, Montain, & Stachenfeld, 2007).

2. 3 Metody odhadu tělesného složení

V praxi existuje velké množství metod pro určení tělesného složení. Výběr určité metody je závislý na cílech, sledovaných probandech a podmínkách, ve kterých se měření realizuje. Pro určité metody je vyžadováno typické specializované zařízení a prostředí. Dalším omezením pro využití určitých metod je také míra invazivnosti (Thibault, Genton, & Pichard 2012).

Současné metody měření tělesného složení jsou založeny na chemických a fyzikálních vlastnostech jednotlivých komponentů lidského těla. Současně jsou tyto metody doplňovány dalšími poznatky např. z antropometrie, medicíny nebo ze sportovního odvětví jako je biomechanika. Riegrová et al. (2006) doplňuje, že obecně můžeme rozdělit metody pro odhad tělesného složení na 2 skupiny. Terénní metody jsou přístupově a manuálně jednodušší a také jsou finančně méně nákladné, naopak laboratorní metody jsou na ovládání náročnější a je k přístrojům potřeba řádně proškolený personál.

2. 3. 1 Antropometrické metody

Antropometrie patří mezi terénní metody a pro odhad tělesného složení se využívají antropometrické rozměry (kosterní rozměry, obvodové míry, tloušťky kožních řas). Českým průkopníkem v oblasti antropometrických metod byl Matiegka, který kvantifikoval tělesné komponenty na základě vnějších rozměrů těla. Jako první se snažil determinovat množství podkožního tuku pomocí kožních řas. Přišel s návrhem na rozdělení hmotnosti těla na specifické složky. Celkem vytvořil 4 složky: hmotnost skeletu, hmotnost kůže a podkožní tukové tkáně, hmotnost kosterního svalstva a hmotnost zbytku (O, D, M, R).

Od dob Matiegkových byla vypracována řada dalších postupů pro odhad tělesného složení z antropometrických rozměrů, a to více než u 100 populačních skupin, s použitím kosterních rozměrů, obvodových měr a nejčastěji z tloušťky kožních řas měřených různými typy kaliperů (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

U nás je nejpoužívanější metodou součet 10 kožních řas dle Pařízkové (1962). Přesnost měření závisí především na zkušenostech pracovníka a také na správném výběru kaliperu. Tyto naměřené hodnoty tloušťky kožních řas jsou následně vkládány do regresních rovnic, které slouží k vyhodnocení množství tuku v těle (Pařízková et al., 2007). Metody slouží nejen pro vyhodnocení stupně obezity, ale také pro určení a přesnější stanovení redukční fáze. Největší výhodou této metody je především v jednoduché manipulaci a nenáročném aplikovatelnosti. Naměřená data často ve vysoké shodě korelují s hodnotami

laboratorního testování. Tyto metody je možné využít i v terénních podmínkách i při větším počtu jedinců. Pro zjištění tělesného tuku se používá měření podkožního tuku pomocí speciálního antropometrického měřidla kaliperu (Obrázek 6) (Riegerová et al., 2006).



Obrázek 6. Kaliper typu best (upraveno dle <http://www.anthropometricinstruments.com/images/1000x0/produkty/7/kaliper-best-ii-k-501.jpg>)

2. 3. 2 Bioelektrická impedance

Jedná se o metodu patřící do biofyzikální a biochemické kategorie. Bioelektrická impedance je neinvazivní a levná metoda pro určení tělesného složení. V posledních letech zaznamenala tato metoda značný nárůst využití. Používá se nejen u zdravých osob, ale i u sportovců i lidí se zdravotními problémy. Přidalová a Gába (2011) uvádí, že prostřednictvím kinantropometrických technik dokáže somatodiagnostika zhodnotit aktuální stav zdravého i handicapovaného člověka. V dnešní době přístrojová technika pracující na principu bioelektrické impedance, která se zabývá určením tělesného složení, nám dokáže vypočítat data vztahující se k nadváze, obezitě či osteoporóze a další.

Princip bioelektrické impedance spočívá v šíření střídavého proudu nízké intenzity biologickými strukturami. Tyto struktury mají rozdílné elektrické vlastnosti a vůči proudu vyvolávají rozdílný odpor. Jelikož je aktivní tělesná hmota utvářena z větší části vodou

(70 %) a elektrolyty, je dobrým vodičem, naopak tuková složka se spíše chová jako izolátor. (Havlíčková, Bartůňková, Dlouhá, Melicha, Šrámek, & Vránová, 2006). Právě tento odpor tukové komponenty vůči el. proudu se nazývá bioelektrická impedance. Dle Heymsfielda, (2009) metoda bioelektrické impedance závisí na několika statických předpokladech a dynamických vztazích, které se týkají elektrických vlastností těla, kterými jsou jeho hydratace, věk, hustota, rasa, fyzická kondice, které jsou hodnoceny. Z naměřené hodnoty impedance, hmotnosti, poměru výšky, a dalších dat na měření tukové složky vypočítá přístroj procentuální zastoupení tělesné komponenty a další hodnoty.

Dle Riegerové et al. (2006) hodnota odporu tkáně je nepřímo úměrná objemu tkáně, vystavenému elektrickému proudu. Dle Lukasski (1987) je vztah založen na vzorci:

$$V = \rho L^2 / R$$

L – délka vodiče, R – celkový odpor

Základní proměnnou, kterou přístroj BIA měří je celkové množství vody (TBW) z níž se vypočítávají další parametry jako např. tukuprostá hmota (FFM). Při měření vycházíme ze vzorce:

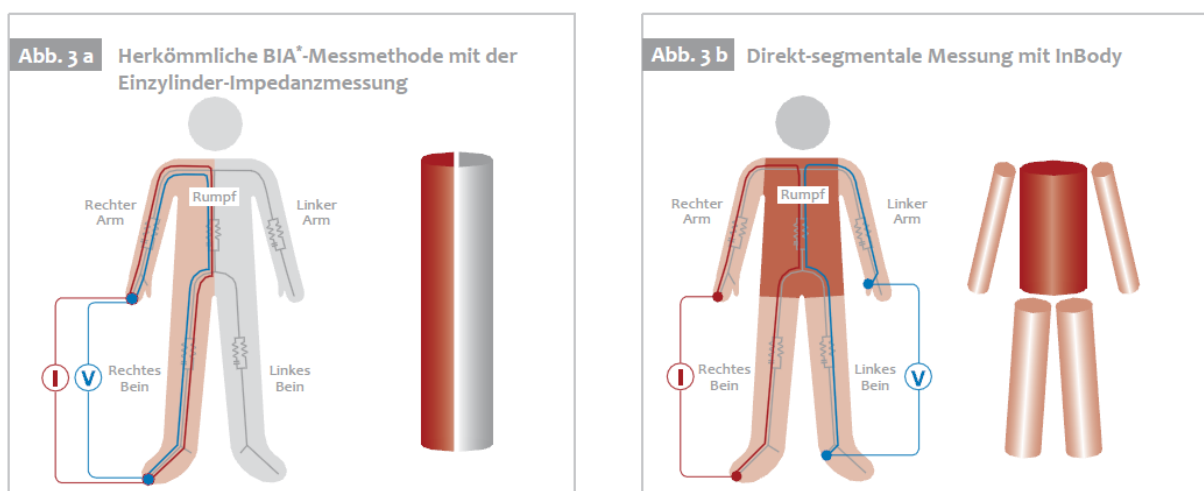
$$FFM = TBW \cdot 0,732^{-1}$$

Jak bylo výše zmíněno konstanta 0,732 je průměrné množství hydratace tukuprosté složky u dospělého jedince. Ovšem aktuální stav hydratace organismu je ovlivňován řadou faktorů, jako je pohlaví, věk, množství fyzické aktivity nebo užívání medikamentů. Procentuální zastoupení TBW je také významně ovlivněno množstvím tukové komponenty (Kyle, Schutz, Dupertuis, & Pichard, 2004).

Jednotlivé přístroje můžeme rozdělit z různých hledisek. Prvním parametrem může být počet frekvencí elektrického proudu. Dle tohoto kritéria přístroje dělíme na monofrekvenční a multifrekvenční. Dnes již zastaralé monofrekvenční analyzátory operují s frekvencí v rozmezí 1–50 kHz. Pomocí této frekvence přístroj dokáže v těle rozlišit množství celkové tělesné vody (TBW), tukové složky (FM) a tukuprosté hmoty (FFM). Bohužel tyto přístroje již ale nedokáží rozlišit celkovou distribuci vody v těle do extra- a intracelulárních prostorů. Tato metoda byla zpochybňována především kvůli nepřesnostem u měření jedinců mimo průměr, jako jsou děti, obézní jedinci nebo senioři. Koncem 90. let byly vyvinuty přístroje, které jsou schopny provádět analýzu tělesného složení pomocí vyššího počtu frekvencí elektrického proudu (1, 5, 50, 100, 200 – 1000 kHz). Větší počet frekvencí odstraňuje nedostatky monofrekvenčního přístroje. Pomocí těchto analyzátorů dostáváme podrobnější a přesnější informace o jednotlivých komponentech

tělesného složení. Především multifrekvenční přístroje dokáží rozlišit TBW na intra a extra buněčnou tekutinu. Jelikož při nízkých frekvencích není proud schopen se dostat přes buněčnou membránu, prochází tudíž z větší části jen extrabuněčným prostorem. Naopak při vyšších frekvencích dochází k průchodu skrze buňku, tedy dostáváme hodnotu i intrabuněčné vody. Díky tomuto pokroku můžeme přesněji sledovat obézní jedince, sportovce, i děti. Další výhody jsou sledování např. úbytku vody při hladovkách, extrémních dietách nebo naopak nadbytku vody v otocích (Kyle et al., 2004; Riegerová et al., 2006; Heysmsfield, 2009)

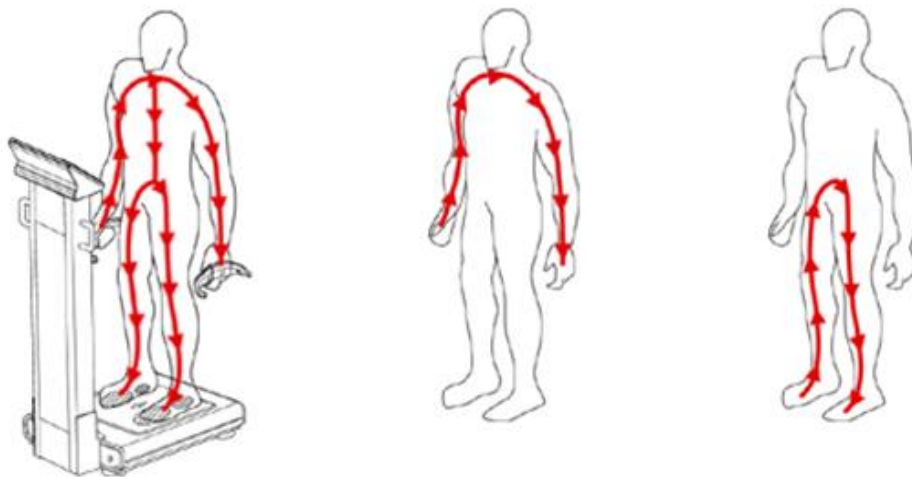
Dalším parametrem je umístění elektrod pro vstup elektrického proudu. Z tohoto hlediska dělíme přístroje na bipolární a tetrapolární. Výhodou bipolárních (bipedálních) přístrojů je jednoduchá manipulace, obsluha a časová nenáročnost. Ovšem proud je veden pouze horní nebo dolní polovinou těla, a přesnost měření je závislá na celkové hydrataci organismu. Většina komerčně vyráběných bipolárních přístrojů pro měření bioelektrické impedance pracují s frekvencí 50 kHz a proudem o velikosti $800 \mu A$. Tetrapolární přístroje operují s proudem o vyšších frekvencích a tudíž dokáží změřit i hodnoty ICW. U těchto přístrojů se používají 4 elektrody, z nichž jsou dvě umístěny na dolní končetině a dvě na horní končetině. Tyto přístroje se využívají k odbornějším a přesnějším měřením.



Obrázek 7. Porovnání jednoválcové a segmentální analýzy tělesného složení pomocí metody BIA (dle <http://www.inbody.de/pdf/inBodyInfo.pdf>)

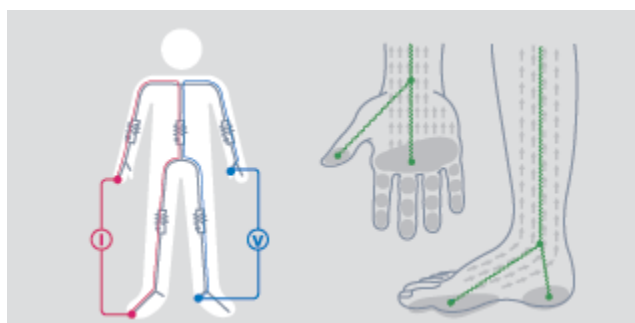
Na obrázku 7 vlevo vidíme dřívější jednoválcové měření tělesného složení. Tato metoda neumožňovala rozlišit rozdílnou impedanci v jednotlivých částech těla. Princip spočíval ve stanovení impedance pravé poloviny těla a následně tyto hodnoty byly zdvojnásobeny pro získání celkových tělesných hodnot a pomocí následujících dat a vzorců byly minimalizovány nepřesnosti. Pravý obrázek naopak znázorňuje měření, kdy je tělo

segmentováno do pěti válců (levá a pravá dolní a horní končetina a trup). Prostřednictvím tohoto rozdělení dostáváme velmi přesná data z jednotlivých segmentů a můžeme považovat takto získaná data za nejspolehlivější (upraveno podle www.inbody.de/pdf/inBodyInfo.pdf).



Obrázek 8. Znázornění průchodu elektrického proudu tělem u tetrapolárního a bipolárních přístrojů (upraveno dle <http://www.inbody.cz/pristroje-bia.php/>)

Dle Riegerové et al., (2006) během měření je stěžejní optimální hydratace organismu. Pokud tuto podmínku nedodržíme, můžou nám vyjít výsledky, které nedávají smysl. Jelikož během přísnějších redukčních režimů dochází ze začátku k ztrátě většího množství tělesné vody, může nám analýza vykazovat větší nárůst tukové komponenty. Metoda bioelektrické impedance nám analyzuje celkovou hmotnost těla, kterou nám rozloží na jednotlivé složky: tuk, aktivní tělesná hmota, celková voda v organismu, obsah extracelulární a intracelulární vody, stupně bazálního metabolismu. Měření není vhodné pro pacientky v raném stádiu těhotenství, u žen v období menstruace, u pacientů užívající diuretika a u osob s implantáty.



Obrázek 9. Umístění elektrod a průchod elektrického proudu během metody BIA (dle <http://www.inbody.cz/soucasnost.php>)

Dle Biospace (2013) řada přístrojů, poskytující segmentální analýzu tukové a svalové tělesné komponenty (Tanita BC418 MA, InBody 230, Inbody 720) podávají informace o tukové a svalové dysbalanci nebo o celkovém zastoupení jednotlivých komponent v určitém tělesném segmentu (horní končetiny, dolní končetiny, trup).

Analýza tělesné hmotnosti prostřednictvím bioelektrické impedance představuje podrobnou analýzu celkové tělesné hmotnosti, která je podmíněna jednotlivými tělesnými komponentami. Celková tělesná analýza prostřednictvím přístroje InBody 720 se skládá z jednotlivých analýz tukové složky, tukuprosté hmoty, obsahu intracelulární a extracelulární vody, stupně bazálního metabolismu (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

V současnosti, detailní analýza tělesného složení pomocí metody bioelektrické impedance, se nevěnuje pouze aplikaci v medicínských oborech, ale také se specificky využívá při zkoumání metabolismu a stala se důležitým nástrojem pro rozsáhlé studie.

Další využití metody BIA nacházíme v oblasti sportovního tréninku. Těto metody se může využívat pro stanovení jednotlivých tělesných komponent, a na základě toho může trenér posuzovat efektivitu tréninkového procesu, nebo účinně měnit průběžný tréninkový plán. Např. ve vrcholovém fotbale se sleduje množství tukové tkáně a tukuprosté hmoty během sezony i během sezónního klidu. Na tomto základě následně dochází k úpravě intenzity a druhů cvičení spojených s úpravou jídelníčku, což vede k znovuzískání optimální tělesné konstituce, pro předpoklad, podávat co možná nejlepší sportovní výkony (Bilsborough, Greenway, Livingston, Cordy, & Coutts, 2016).

3 Cíle

- Cílem diplomové práce je analyzovat vybrané parametry tělesného složení u sportovní a nespportovní populace školního věku.

3. 1 Dílčí cíle

- Analýza vybraných parametrů tělesného složení metodou bioelektrické impedance prostřednictvím přístroje InBody 720
- Analýza vybraných somatických parametrů dle InBody720
- Srovnání vybraných parametrů tělesného složení mezi skupinou sportovní a nespportovní populace
- Srovnání vybraných parametrů tělesného složení dle věku

3. 2 Hypotézy

H₁₀: Neexistuje rozdíl mezi skupinou sportovní a nesportovní populace v zastoupení tukové složky.

H_{1a}: Tuková složka u sportovní populace bude ve srovnání s nesportující populací menší.

Závisle proměnná: zastoupení tukové tkáně

Nezávisle proměnná: sportovní činnost

H₂₀: Neexistuje rozdíl mezi skupinou sportovní a nesportovní populace v zastoupení FFM a SMM.

H_{2a}: Zastoupení FFM a SMM bude u sportovní populace ve srovnání s nesportující populací vyšší.

Závisle proměnná: zastoupení FFM a SMM

Nezávisle proměnná: sportovní činnost

H₃₀: Neexistuje rozdíl mezi skupinou sportovní a nesportovní populace v zastoupení celkové tělesné vody a jejich komponentů.

H_{3a}: Zastoupení celkové tělesné vody a jejich komponentů bude u sportující populace ve srovnání s nesportující populací vyšší.

Závisle proměnná: zastoupení celkové tělesné vody a jejich komponentů

Nezávisle proměnná: sportovní činnost

4. Metodika

4. 1 Charakteristika souboru

Výzkum byl odstartován v listopadu 2008 a sběr dat byl ukončen v listopadu 2015.

Celkový soubor tvořilo 970 chlapců ve věku od 7 do 12 let. Následně byl soubor rozdělen do dvou kategorií. Kategorie nesportujících utvářela skupinu o 728 probandech a pravidelně sportující děti vytvářely skupinu o 242 členech. Další rozdělení proběhlo dle věku. Počet chlapců v každé kategorii je uveden v tabulce 8.

Tabulka 8. Věkové rozdělení chlapců

Věk	Sportující (SP)		Nesportující (NS)	
	n	%	n	%
7	16	6,6	146	20,1
8	46	19,0	183	25,1
9	44	18,2	134	18,4
10	41	16,9	134	18,4
11	47	19,4	125	17,2
12	48	19,8	6	0,8

Všichni sportující chlapci absolvovali analýzu tělesného složení pomocí metody bioelektrické impedance prostřednictvím přístroje InBody 720 v antropometrické laboratoři Katedry přírodních věd v kinantropologii FTK UP v Olomouci. U nesportujících chlapců měření probíhalo na ZŠ v předem vybavených učebnách ZŠ. Měření probíhalo v dopoledních hodinách za normální pokojové teploty. Probandi měli na sobě pouze lehčí oděv a byli instruováni a poučeni o zásadách pro co nejpřesnější měření.

Jedinci ze sportující kategorie byli žáci hokejového týmu HC Olomouc a fotbalového týmu SK Sigma Olomouc. Jednalo se o mladé hráče, kteří hrají na nejvyšší úrovni ve své věkové kategorii. Sportovní aktivitu podávají 4x týdně na tréninku 60–80 minut a jednou nebo dvakrát, do týdne odehrají mistrovské utkání.

Probandi z nesportující kategorie byli žáci základních škol v Olomouckém kraji. Názvy škol a datum realizace jednotlivých měření jsou obsaženy v tabulce 9. Tito žáci konají

zvýšenou pohybovou aktivitu především v hodinách tělesné výchovy, která je povinná v minimálním rozsahu 8–10 vyučovacích hodin za měsíc.

Tabulka 9. Názvy základních škol a datum realizace měření tělesného

Základní školy	ZŠ Demlova, Olomouc (Lazce)	3.,6. a 10. 12.2013
	ZŠ Petřkova, Olomouc (Černovír)	13.1.2014
	ZŠ Heyrovského, Olomouc (Povel)	10. a 11.3. 2014
	ZŠ Čajkovského, Olomouc (Nová Ulice)	12.3.2014
	Dubicko	16.2.2015
	Bílovec	25.3.2015
	Šumperk Šumavská	1., 7. a 8. 4.2015
	Šumperk 8. května	29.4. a 6.5. 2015
	Šumperk Vrchlického	25.5.2015
	Přerov	1. a 2. 6. 2015
	Zábřeh	8. a 9. 6. 2015
	Hálkova	22.10.2015
	Štěpánov	5.11.2015
	Lutín	9.11.2015
	Holečkova	13.11.2015
Jablůnka	19.11.2015	

Tento projekt byl schválen Etickou komisí UP v Olomouci a děti i jejich rodiče podepsali informovaný souhlas.

4. 2 Inbody 720

Ve spojitosti se zlepšením lidského zdraví, přichází na trh řada kvalitních elektronických medicínských přístrojů, které mají snahu analyzovat tělesnou konstituci a napomoci nejen k léčbě nemocí, ale také k jejich prevenci. Multifrekvenční přístroj InBody720 vznikl v jihokorejské firmě Biospace. Jedná se o vysoce přesný, snadno ovladatelný a spolehlivý přístroj, využívající typ segmentálního měření. Tento typ analýzy spočívá v rozdělení těla do 5 samostatných segmentů (4 končetiny + trup). Analýza jednotlivých segmentů je velmi přesná a výsledky odlišných segmentů jsou na sobě navzájem nezávislé, jelikož elektrický proud vždy vstupuje a vystupuje z totožného místa. Dohromady pomocí 8 elektrod, které jsou umístěny na podložce (2 pro přední částí nohou a 2 pro paty) a v madlech (dotýkají se dlaní a palců), je do těla vpouštěn slabý elektrický proud (550 μA) o frekvenci 1–1000 kHz, který je následně odváděn pryč z těla. Tento proud prochází tělem v různém směru, s měnícím se napětím.



Obrázek 10. Přístroj InBody 720 (upraveno dle <http://www.inbodystore.com/InBody720>)

Obrovská výhodou tohoto přístroje je především v čase stráveném při měření, jelikož celková analýza je hotová do 2 minut. Dalším kladem je také jednoduchá obsluha přístroje a přesnost dat.

InBody 720 pracuje na principu rozdílné vodivosti jednotlivých složek v lidském těle. Bioelektrická impedanční analýza rozděluje tělo na čtyři základní složky: tělesný tuk, sušinu (proteiny a minerály) a celkovou tělesnou vodu, která se rozděluje na extracelulární (mimobuněčnou) tekutinu, měřenou při frekvencích méně jak 50 kHz a intracelulární (nitrobuněčnou) tekutinu, měřenou při frekvencích větších jak 200 kHz (<http://www.inbody.cz/inbody720.php>).

V průběhu měření stojí osoba vzpřímeně v mírném stoji rozkročném na elektrodách, bosá, přičemž je nutnost, aby celá plocha chodidla byla v kontaktu s elektrodami. Horní končetiny jsou volně podél těla, svírající s trupem úhel zhruba 15°. Důležité je správné uchopení madel, v nichž jsou zabudované elektrody. Palec je položen na palcové elektrodě a spodní elektrodu objímají zbylé čtyři prsty. Pokud nejsou kontakty mezi tělem a elektrodami správné, může dojít ke zkresleným údajům tělesného složení.



Obrázek 11. Měření tělesného složení během správného postoje (upraveno dle www.katerinaresort.cz)

Celková tělesná analýza na přístroji InBody 720 nám poskytuje tyto výsledky (dle <http://www.inbody.cz/inbody720.php>) :

- vnitrobuněčná voda, mimo buněčná voda, proteiny, kostní/nekostní minerály, tuková; hmota, kostní a svalová hmota, svalová hmota, bez tuková hmota, váha;
- BMI, procentuální podíl tělesného tuku, poměr pasu k bokům (WHR);
- svalová hmota v jednotlivých tělesných částech, procento svaloviny v jednotlivých tělesných částech;
- edém, edém v jednotlivých tělesných částech;
- oblast tělesného tuku (růstový graf pro jedince pod 18 let);
- nutriční diagnóza (proteiny, minerály, tuk, edém);
- tělesná vyváženost, tělesná síla, zdravotní diagnóza;
- cílová váha, kontrola váhy, tuková kontrola, svalová kontrola, stav tělesné zdatnosti, stupeň obezity, BCM, BMC, BMR, AC, AMC;
- historie tělesného složení (výsledky 10 testů);
- impedance v jednotlivých tělesných částech stanovená každou frekvencí zvlášť.

Pro co nejpřesnější měření je nutné dodržovat několik základních podmínek (upraveno dle Riegerová et al.; www.biospace.cz):

- necvičit po dobu 12 hodin před testem;
- nejíst a nepít 4 až 5 hodin před testem;
- nepožívat alkohol po dobu 24 hodin před testem;
- vyprázdnit před testem močový měchýř a opětovně organismus zavodnit;
- sundání veškerých šperků a hodinek;
- běžná pokojová teplota;
- neprovádět test hned po sprchování nebo sauně;
- alespoň 5 minut před testem zůstat v klidu stát.

Po uplynutí přibližně 2 minut strávených měřením, může obsluha následně z přístroje vytisknout veškerá naměřená data ve formátu A4 (Příloha 1).

Pro hodnocení růstu jednotlivých tělesných znaků byly využity percentilové grafy. V ČR jsou k dispozici růstové grafy z posledního celostátního výzkumu, který proběhl roku

2001 (Vignerová, Riedlová, Bláha, Kobzová, Krejčovský, Brabec, et al., 2006). V percentilových grafech jsou znázorněny hodnoty 3., 10., 50., 75., 90. a 97. percentil pro danou věkovou kategorii. Střední hodnotu představuje hodnota 50. percentil. Hodnoty nacházející se nad střední čarou, jsou vyšší než střední hodnota populace, hodnoty pod střední čarou se považují jako hodnoty nižší než střední hodnota. Pro hodnocení tělesné výšky a hmotnosti využívám následující kategorizaci (www.szu.cz):

Tabulka 10. Hodnocení tělesné výšky dle percentilových pásem (upraveno dle www.szu.cz)

Percentilové pásmo	Hodnocení
90. P a více	velmi vysocí
75. – 90. P	vysocí
25. – 75. P	středně vysocí
3. – 25. P	malí
3. P a méně	velmi malí

Tabulka 11. Hodnocení hmotnosti dle percentilových pásem (upraveno dle www.szu.cz)

Percentilové pásmo	Hodnocení
97. P a více	obézní
90. – 97. P	nadměrná hmotnost
75. – 90. P	robustní
25. – 75. P	proporcionální
10. – 25. P	štíhlý
10. P a méně	podváha

Následně byl z hodnot tělesné výšky a hmotnosti dopočítán Body Mass Index (BMI). Byl zaznamenán do percentilového grafu BMI pro chlapce ze Státního zdravotního ústavu (Příloha 4) (www.szu.cz). Jedná se o jeden z nejznámějších hmotnostně výškových indexů.

Množství kosterní svaloviny bylo hodnoceno dle http://www.gmon.info/man_de/muskelmasseundknochenmasse.htm. Jednotlivé hodnoty jsou obsaženy v tabulce 5.

Procentuální zastoupení tukové složky bylo hodnoceno dle www.inbody.cz a vlastní hodnoty jsou obsaženy v tabulce 12.

Tabulka 12. Procentuální zastoupení tukové komponenty u dětí (upraveno dle www.inbody.cz)

Procento tělesného tuku (%)	Věk	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Chlapec	20.0	19.5	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0

4. 3 Zpracování dat

Data vyhodnocená za, pomocí antropometrického přístroje InBody 720, měřící na základě BIA, byla zpracována adekvátními metodami s využitím programu Statica 12. U naměřených dat byl stanoven aritmetický průměr, směrodatná odchylka, minimum a maximum. Ke statistickému zpracování a srovnávání dat byla využita parametrická analýza rozptylu ANOVA (t-test). Hladina statistické významnosti byla stanovena $p < 0,05$. Tělesná výška, hmotnost a BMI se následně zaznamenaly do percentilových grafů, které jsou v příloze 2, 3 a 4.

4. 4 Měřené somatické charakteristiky

- tělesná výška (cm) – byla naměřena s přesností 0,5 cm;
- tělesná hmotnost (kg) – byla zvážena s přesností na 0,1 kg;
- tělesný tuk (body fat mass, BFM, kg %);
- tukuprostá hmota (fat-free mass, FFM, kg);
- celková tělesná voda (total body water, TBW, l);
- celková mimobuněčná voda (extracelullar water, ECW, l);
- celková vnitrobuněčná voda (intracelullar water, ICW, l);
- množství kosterního svalstva (skeletal muscle mass, SMM, kg);
- buněčná hmota (body cell mass, BCM, kg);
- fitness score (FS).

5. Výsledky

5. 1 Srovnání vybraných parametrů u sportujících a nespportujících žáků

Tabulka 13. Srovnání vybraných somatických parametrů 7 letých chlapců

	SP 7 (n = 16)		NS 7 (n = 146)	
	M	SD	M	SD
Tělesná výška (cm)	127,0	4,6	128,4	6,9
Hmotnost (kg)	26,6	3,9	26,4	5,2
BMI (kg/m²)	16,5	1,9	15,9	2,0

Vysvětlivky: BMI – body mass index, M - aritmetický průměr, SD - směrodatná odchylka, SP – sportující, NS – nespportující

U sportujících jedinců průměrná tělesná výška (127,0 cm) byla o 1,4 cm nižší, než průměrná tělesná výška u nespportujících (128,4 cm) chlapců. Průměrná hodnota tělesné výšky u obou skupin spadala z hlediska percentilového grafu do kategorie středně vysocí (Příloha2). Průměrná hmotnost sportující skupiny (26,6 kg) byla o 0,2 kg větší než průměrná hmotnost nespportujících (26,4 kg). Na základě umístění průměrné tělesné hmotnosti do percentilových grafů zjišťujeme, že obě skupiny můžeme zařadit do kategorie proporcionální (Příloha3). Následně bylo zjištěno, že průměrná hodnota BMI sportující skupiny (16,5 kg/m²) byla o 0,6 větší než u skupiny nespportující a při zařazení těchto hodnot do percentilových grafů vplynulo, že obě skupiny se řadí do kategorie mezi 25. a 75 percentilem, tudíž do normálových hodnot (Příloha4).

Tabulka 14. Srovnání vybraných somatických parametrů žáků ve věku 7 let

	SP 7 (n = 16)		NS 7 (n = 146)	
	M	SD	M	SD
TBW (l)	17,0	1,4	18,0	3,4
ECW (l)	6,5	0,5	6,9	1,3
ICW (l)	10,5	0,9	11,1	2,1
BFM (kg)	3,5	2,3	3,5	2,6
BFM (%)	12,3	6,6	12,6	6,6
FFM (kg)	23,1	2,0	24,5	4,6
SMM (kg)	11,8	1,1	11,6	2
BCM (kg)	15,1	1,3	14,9	2,1
FS	78,9	2,6	77,6	2,7

Vysvětlivky: TBW- total body water, ECW – extracelular water, ICW – intracelularwater, BFM – body fat mass, FFM – fat free mass, SMM – skeleton muscle mass, BCM – body cell mass, FS – fitness score, SP – sportující, NS – nespportující

Na základě analýzy průměrné hodnoty celkové tělesné vody jsme zjistili, že sportující jedinci mají 17,0 l (63,9 %), z toho 6,5 l vody extracelulární a 10,5 l vody intercelulární. Nespportující skupina má průměrnou hodnotu celkové tělesné vody 18,0 l (68,1 %) z toho je 6,9 l vody extracelulární a 11,1 l vody intercelulární. Z toho vyplývá, že nespportující skupina měla o 1,0 l celkové tělesné vody více než skupina sportující. Dle procentuálního zastoupení, měla sportovní skupina o 4,2 % TBW méně než skupina nespportující. Následně dle serveru www.inbody.cz je doporučený poměr ICW a ECW 3 : 2 což je ideální.

U obou sledovaných skupin bylo průměrně naměřeno (dle www.inbody.cz) nízké množství tělesného tuku. U sportující i nespportující skupiny byla hodnota tělesného tuku 3,5 kg, to představovalo 12,3 % tuku pro sportující chlapce a 12,6 % tuku pro nespportující. Průměrná hodnota tukuprosté hmoty u sportující skupiny činila 23,1 kg a u nespportující skupiny 24,5 kg. U nespportující skupiny byla tedy tato hodnota o 1,4 kg vyšší.

U kosterní svaloviny sportovní skupina dosáhla průměrné hodnoty 11,8 kg (44,4 %) a nespportovní skupina průměrné hodnoty 11,6 (43,9 %). Z toho vyplývá, že sportovní skupina měla o 0,2 kg větší množství kosterní svaloviny. Dle www.gmon.info se u obou skupin jedná procentuálně o optimální množství.

Procentuální množství buněčné hmoty u sportující skupiny je 15,1 kg a u nesportující skupiny 14,9 kg, což bylo o 0,2 kg méně než u sportující kategorie. Následné fitness skóre u sportující skupiny bylo 78,9 a u nesportující je 77,6. Obě skupiny tedy patří do kategorie normální tělesné zdatnosti.

Tabulka 15. Srovnání vybraných somatických parametrů 8 letých chlapců

	SP 8 (n = 46)		NS 8 (n = 183)	
	M	SD	M	SD
Tělesná výška (cm)	133,2	6,5	133,7	5,2
Hmotnost (kg)	29,8	5,2	30,0	5,7
BMI (kg/m²)	16,7	1,8	16,4	2,4

Vysvětlivky: BMI – body mass index, M - aritmetický průměr, SD - směrodatná odchylka, SP – sportující, NS – nesportující

Průměrná tělesná výška u sportujících jedinců ve věku 8 let (133,2 cm) byla o 0,5 cm vyšší, než průměrná tělesná výška u nesportujících (133,7 cm) skupiny. Průměrná hodnota tělesné výšky u obou skupin spadá do percentilu středně vysocí (Příloha 2). Průměrná hmotnost sportující skupiny (29,8 kg) byla o 0,2 kg menší než průměrná hmotnost nesportující skupiny (30,0 kg). Na základě umístění průměrné tělesné hmotnosti do percentilových grafů zjišťujeme, že sportující kategorii označujeme jako proporcionální a nesportující spadá do oblasti robustní (Příloha 3). Průměrná hodnota BMI sportující skupiny byla o 0,3 větší než u skupiny nesportující a při zařazení těchto hodnot do percentilových grafů vyplynulo, že obě skupiny se řadily do kategorie mezi 25. a 75. percentilem, tudíž v normě.

Tabulka 16. Srovnání vybraných somatických parametrů 8 letých chlapců

	SP 8 (n = 46)		NS 8 (n = 183)	
	M	SD	M	SD
TBW (l)	19,2	2,5	19,3	3,5
ECW (l)	7,3	1,0	7,4	1,3
ICW (l)	11,9	1,5	11,9	2,2
BFM (kg)	3,7	2,6	4,4	3,5
BFM (%)	11,8	6,0	13,8	7,6
FFM (kg)	26,1	3,5	26,2	4,8
SMM (kg)	13,5	2,1	12,9	1,8
BCM (kg)	17,1	2,3	16,4	2,0
FS	78,1	2,7	76,5	3,0

Vysvětlivky: TBW- total body water, ECW – extracelular water, ICW – intracelularwater, BFM – body fat mass, FFM – fat free mass, SMM – skeleton muscle mass, BCM – body cell mass, FS – fitness score, SP – sportující, NS – nesportující

Naměřená průměrná hodnota celkové tělesné vody byla u sportující skupiny 19,2 l (64,4 %), z toho 7,3 l byla extracelulární voda a 11,9 l voda intercelulární. U nesportující skupiny bylo průměrné množství celkové tělesné vody 19,3 l (53,2 %) v níž je obsaženo 7,4 l extracelulární vody a 11,9 l vody intercelulární. Následně z toho vyplývá, že TBW se u obou skupin liší jen nepatrně. Poměry ICW a ECW byly v normě.

U sportující skupiny byla hodnota tělesného tuku 3,7 kg (11,8 %) a u skupiny nesportující 4,4 kg (13,8 %), což je rozdíl 0,7 kg. U obou sledovaných skupin byly hodnoty BFM označeny jako nízké. Průměrná hodnota tukuprosté hmoty u sportující skupiny činila 26,1 kg a u nesportující skupiny 26,2 kg, což není žádný významný rozdíl.

Při analýze kosterního svalstva sportovní skupina dosáhla průměrné hodnoty 13,5 kg (45,3 %) a nesportovní skupina měla průměrnou hodnotu 12,9 kg (43 %). Z toho vyplývá, že sportovní skupina měla o 0,6 kg větší množství kosterní svaloviny. Obě skupiny následně řadíme dle www.gmon.info do optimální kategorie.

U sportující skupiny činila průměrná hodnota buněčné hmoty 17,1 kg a u nesportující skupiny 16,4 kg, což je o 0,7 kg méně než u sportující kategorie. Fitness skóre u sportující

skupiny bylo vyměřeno na průměrnou hodnotu 78,1 a u nesportující skupiny na 76,5, což spadá do kategorie průměrné tělesné zdatnosti.

Tabulka 17. Srovnání vybraných somatických parametrů 9 letých chlapců

	SP 9 (n = 44)		NS 9 (n = 134)	
	M	SD	M	SD
Tělesná výška (cm)	137,7	5,7	140,0	6,6
Hmotnost (kg)	33,2	5,2	34,3	7,3
BMI (kg/m²)	17,5	2,0	17,5	2,8

Vysvětlivky: BMI – body mass index, M - aritmetický průměr, SD - směrodatná odchylka, SP – sportující, NS – nesportující

Ve věku 9 let průměrná tělesná výška sportující skupiny byla (137,7 cm) o 2,3 cm nižší, než průměrná tělesná výška u nesportující skupiny (140,0 cm), ovšem obě skupiny patří do percentilu středně vysokých v percentilu 25.–75. (Příloha 2). Průměrná hmotnost (33,2 kg) u SP 9 byla o 1,1 kg menší než průměrná hmotnost NS 9 (34,3 kg). Dle umístění průměrné tělesné hmotnosti do percentilových grafů usuzujeme, že sportující kategorie ještě těsně spadá do kategorie proporcionálních, ale nesportující skupina patří už do kategorie robustních (Příloha 3). BMI byly u obou skupin shodné a nacházely se nad 50. P. (Příloha 4).

Tabulka 18. Srovnání vybraných somatických parametrů 9 letých chlapců

	SP 9 (n = 44)		NS 9 (n = 134)	
	M	SD	M	SD
TBW (l)	20,9	2,4	21,1	3,1
ECW (l)	7,9	0,9	8,0	1,2
ICW (l)	13,0	1,5	13,1	1,9
BFM (kg)	4,8	2,8	5,8	4,5
BFM (%)	13,9	6,1	15,6	8,4
FFM (kg)	28,4	3,2	28,6	4,3
SMM (kg)	14,9	1,9	14,9	2,3
BCM (kg)	18,6	2,1	18,6	2,6
FS	77,6	3,2	75,3	3,9

Vysvětlivky: TBW- total body water, ECW – extracelular water, ICW – intracelularwater, BFM – body fat mass, FFM – fat free mass, SMM – skeleton muscle mass, BCM – body cell mass, FS – fitness score, SP – sportující, NS – nespportující

Celková tělesná voda u sportující skupiny činila 20,9 l (64,9 %), z toho 13,0 l voda intercelulární a 7,9 l voda extracelulární. U nespportující skupiny bylo průměrné množství celkové tělesné vody 21,1 l (61,5 %) v níž je obsaženo 8,0 l extracelulární vody a 13,1 l vody intercelulární. Průměrná hodnota TBW u nespportovní skupiny je o 0,2 l vyšší, ale z hlediska procentuálního je TBW u sportující skupiny vyšší o 3,4 %. Dle www.inbody.cz je poměr ICW ku ECW v normě.

Dle www.inbody.cz bylo naměřeno u obou skupina nízké množství tělesného tuku. U sportující skupiny byla hodnota 4,8 kg (13,9 %) tělesného tuku nižší než hodnota 5,8 kg (15,6 %) u skupiny nespportující, což činí rozdíl 1,0 kg. Rozdíl průměrné hodnoty tukuprosté hmoty 0,2 kg činí v prospěch nespportující skupiny.

Při měření průměrného množství kosterní svaloviny sportovní skupina dosáhla stejné hodnoty jako skupina nespportovní 14,9 kg. Ovšem rozdíl byl v procentuálním zastoupení, kdy u sportující skupiny bylo procentuální zastoupení 46,3 % a nespportovní skupiny bylo procentuální zastoupení 43 %, což je o 3,3 % méně. Obě skupiny následně řadíme dle www.gmon.info do optimální kategorie.

U obou skupin byla hodnota BCM stejná (18,6 kg). Fitness skóre u sportovní skupiny bylo 77,6 a u nespportovní skupiny 75,3. Tyto hodnoty se minimálně liší a náleží k průměru.

Tabulka 19. Srovnání vybraných somatických parametrů 10 letých chlapců

	SP 10 (n = 41)		NS 10 (n = 134)	
	M	SD	M	SD
Tělesná výška (cm)	143,3	7,5	144,9	6,7
Hmotnost (kg)	36,8	6,9	37,4	8,4
BMI (kg/m²)	17,8	2,0	17,7	2,9

Vysvětlivky: BMI – body mass index, M - aritmetický průměr, SD - směrodatná odchylka, SP – sportující, NS – nespportující

V percentilovém grafu tělesné výšky vidíme, že průměrná tělesná výška nespportující skupiny (144,9 cm) byla o 1,6 cm vyšší než průměrná tělesná výška u sportující skupiny (143,3 cm). Obě věkové kategorie dle percentilového grafu spadají do středně vysokých. Průměrná hmotnost (36,8 kg) u sportující kategorie byla o 1,4 kg menší než průměrná hmotnost nespportující skupiny (37,4 kg). Z percentilového grafu můžeme usuzovat, že obě skupiny náleží do proporcionálních (Příloha 3). Rozdíly průměrných hodnot BMI u obou skupin jsou zanedbatelné. Tyto hodnoty BMI byly v normálu (Příloha 4).

Tabulka 20. Srovnání vybraných somatických parametrů 10 letých chlapců

	SP 10 (n = 41)		SP 10 (n = 134)	
	M	SD	M	SD
TBW (l)	23,2	3,1	22,1	3,5
ECW (l)	8,8	1,2	8,4	1,3
ICW (l)	14,5	2,0	13,7	2,2
BFM (kg)	5,2	3,2	6,7	4,9
BFM (%)	13,4	5,5	16,7	7,9
FFM (kg)	31,6	4,3	30,1	4,7
SMM (kg)	16,9	2,6	16,2	2,8
BCM (kg)	20,7	2,8	20,0	3,0
FS	76,8	3,4	73,6	4,0

Vysvětlivky: TBW- total body water, ECW – extracelular water, ICW – intracelularwater, BFM – body fat mass, FFM – fat free mass, SMM – skeleton muscle mass, BCM – body cell mass, FS – fitness score, SP – sportující, NS – nespportující

Průměrné množství celkové tělesné vody 23,2 l (63,0 %) u sportující skupiny, bylo tvořeno 8,8 l extracelulární a 14,5 l intercelulární vodou. Celková průměrná hodnota tělesné vody u nespportující skupiny byla 22,1 l (59,0 %), z toho 8,4 l byla voda extracelulární a zbytek (13,7 l) byla voda intercelulární. TBW byla u sportující kategorie o 1,1 l vyšší než u nespportovní skupiny. U sportující kategorie docházelo k postupně zvětšujícím se nárůstu intracelulární vody.

Průměrná hodnota BFM u sportující skupiny byla 5,2 kg (13,4 %), což bylo o 1,5 kg méně, než u hodnoty skupiny nespportující 6,7 kg (16,7 %). Opět se jednalo o nízké množství dle www.inbody.cz. Sportující skupina (31,6 kg) měla průměrně větší množství tukuprosté hmoty o 1,5 kg, než skupina nespportující (30,1 kg).

Z hlediska množství kosterní svaloviny obě skupiny náleží dle www.gmon.info do normální kategorie. Průměrné množství kosterní svaloviny u sportovní skupiny bylo 16,9 kg (45,9 %) a u nespportující skupiny byla naměřena průměrná hodnota 16,2 kg (43,3 %).

U sportovní skupiny byla průměrná hodnota BCM (20,7 kg) větší o 0,7 kg, než hodnota BCM u nespportující kategorie (20,0). Fitness skóre u sportovní skupiny vycházelo 76,8 a u nespportovní skupiny 73,6, což znamená, že obě skupiny jsou optimálně zdatné.

Tabulka 21. Srovnání vybraných somatických parametrů 11 letých chlapců

	SP 11 (n = 47)		NS 11 (n = 125)	
	M	SD	M	SD
Tělesná výška (cm)	149,3	6,7	149,3	7,3
Hmotnost (kg)	39,3	6,2	40,7	9,4
BMI (kg/m²)	17,5	1,8	18,1	3,1

Vysvětlivky: BMI – body mass index, M - aritmetický průměr, SD - směrodatná odchylka, SP – sportující, NS – nesportující

U obou skupin ve věku 11 let byly průměrné hodnoty tělesné výšky stejné (149,3 cm). Na základě percentilového hodnocení se jedná o kategorii středně vysocí (Příloha 2). Průměrná hmotnost (39,3 kg) sportujících byla o 1,4 kg menší, než průměrná hmotnost nesportujících (40,7 kg) (Příloha 3). Obě kategorie patří dle percentilu do proporcionálních. U sportující skupiny je BMI o 0,6 kg/m² menší než u skupiny nesportující, ovšem obě hodnoty jsou v normě (Příloha 4).

Tabulka 22. Srovnání vybraných somatických parametrů 11 letých chlapců

	SP 11 (n = 47)		NS 11 (n = 125)	
	M	SD	M	SD
TBW (l)	25,4	3,2	22,5	3,8
ECW (l)	9,6	1,2	8,6	1,5
ICW (l)	15,8	2,0	13,9	2,3
BFM (kg)	4,7	2,5	7,5	5,9
BFM (%)	11,6	4,3	16,7	8,9
FFM (kg)	34,5	4,4	30,6	5,2
SMM (kg)	18,6	2,6	17,7	2,9
BCM (kg)	22,6	2,9	21,7	3,2
FS	75,0	4,0	72,3	5,0

Vysvětlivky: TBW- total body water, ECW – extracellular water, ICW – intracellularwater, BFM – body fat mass, FFM – fat free mass, SMM – skeleton muscle mass, BCM – body cell mass, FS – fitness score, SP – sportující, NS – nesportující

U sportující skupiny byla naměřena průměrná hodnota celkové tělesné vody 25,4 l (64,6 %), z toho 9,6 l byla extracelulární voda a 15,8 l voda intercelulární. TBW u nesportující skupiny činila 22,5 l (55,2 %) v níž bylo 8,6 l extracelulární vody a 13,9 l

intracelulární vody. I když sportovní skupina disponuje vyšším množstvím TBW o 2,9 l, tak u obou kategorií byly poměry hodnot ECW a ICW v normálu.

Z hlediska průměrného množství tělesného tuku má sportující kategorie (4,7 kg) o 2,8 kg méně, na rozdíl od kategorie nespportujících (7,5 kg). Ovšem dle www.inbody.cz obě dvě průměrné hodnoty jsou pod normou. Následně sportovci (34,5) měli o 3,9 kg více tukuprosté hmoty než nespportovci (30,6 kg).

Průměrná hodnota kosterní svaloviny u sportovců byla naměřena na 18,6 kg (47,3 %) a u kategorie nevěnující se sportovní aktivitě byla hodnota 17,7 kg (43,9 %), což je o 0,9 kg méně. Sportující skupinu již můžeme řadit do kategorie nadprůměrného množství kosterní svaloviny, ale nespportovní skupina stále patří do optimálních hodnot dle www.gmon.info.

Taktéž o 0,9 kg, byla u sportovní (22,6 kg) skupiny vyšší průměrná hodnota BCM na rozdíl od nespportujících jedinců (21,7 kg). Průměrná hodnota fitness skóre u sportující skupiny, je i u posledních měřených kategorií vyšší (SP - 75,0; NS - 72,3)

Tabulka 23. Srovnání vybraných somatických parametrů 12 letých chlapců

	SP 12 (n = 48)		NS 12 (n = 6)	
	M	SD	M	SD
Tělesná výška (cm)	154,0	6,0	146,0	4,0
Hmotnost (kg)	42,3	6,5	40,4	5,8
BMI (kg/m²)	17,8	1,8	18,9	2,0

Vysvětlivky: BMI – body mass index, M - aritmetický průměr, SD - směrodatná odchylka, SP – sportující, NS – nespportující

Poslední měřenou skupinou byly jedinci ve věku 12 let. Průměrná tělesná výška sportující kategorie (154,3 cm) byla o 8,0 cm vyšší, než průměrná tělesná výška u nespportovců (144,9 cm). Při porovnání s percentilovými grafy sportující skupina patří do středně vysokých a nespportující skupina spadá do kategorie malých (Příloha 2). U sportující skupiny průměrná hmotnost (42,3 kg) je o 1,9 kg vyšší, než průměrná hmotnost nespportující skupiny (40,4 kg). Při porovnání s percentilovými grafy jsou obě skupiny proporcionální (Příloha 3). I když obě hodnoty BMI v percentilovém grafu jsou v normě, tak jsou v normě, tak u sportující skupiny je o 0,9 kg/m² nižší než u skupiny nespportující (Příloha 4).

Tabulka 24. Srovnání vybraných somatických parametrů 12 letých chlapců

	SP 12 (n = 48)		NS 12 (n = 6)	
	M	SD	M	SD
TBW (l)	27,5	3,6	22,0	4,0
ECW (l)	10,4	1,4	8,2	1,5
ICW (l)	17,1	2,2	13,8	2,5
BFM (kg)	4,8	2,3	6,6	3,8
BFM (%)	11,1	3,7	15,7	7,3
FFM (kg)	37,5	4,9	29,8	5,5
SMM (kg)	20,3	2,9	18,2	2,1
BCM (kg)	24,5	3,2	22,2	2,3
FS	74,0	3,7	77,0	2,9

Vysvětlivky: TBW- total body water, ECW – extracelular water, ICW – intracelularwater, BFM – body fat mass, FFM – fat free mass, SMM – skeleton muscle mass, BCM – body cell mass, FS – fitness score, SP – sportující, NS – nespportující

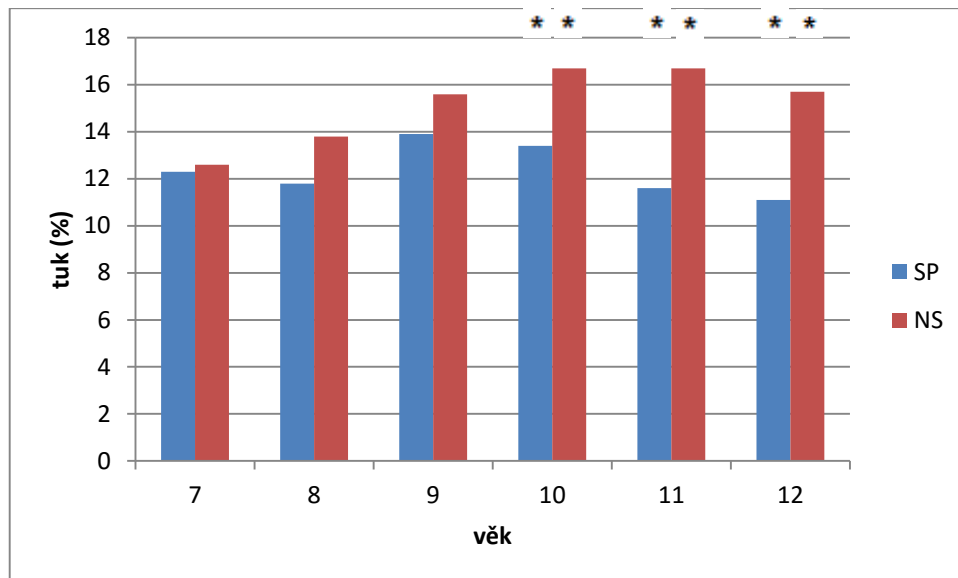
Při analýze TBW bylo naměřeno větší množství u sportující skupiny 27,5 l (65 %), na rozdíl od skupiny nespportujících 22,0 l (54,4 %). Tento rozdíl činil 5,5 l. Samozřejmě u sportující skupiny bylo tedy naměřeno větší množství ECW (10,4) a ICW (17,1) no rozdíl od množství ECW (8,2) a ICW (13,8) skupiny nespportujících. Tyto poměry jsou ale u obou skupin v normě.

Průměrná hodnota tukové komponenty 4,8 kg byla o 1,8 kg vyšší u sportovní skupiny (11,1 %), na rozdíl od skupiny nespportující 6,6 kg (15,7 %). Po porovnání těchto hodnot na www.inbody.cz obě skupiny mají menší množství tělesného tuku. U sportující skupiny (37,5 kg) byla naměřena hodnota tukuprosté hmoty a 7,7 kg vyšší než průměrná hodnota tukuprosté hmoty u nespportující skupiny (29,8 kg).

Průměrné množství kosterní svaloviny u sportovní skupiny je 20,3 kg (48,0 %) a u nespportující skupiny byla naměřena hodnota 18,2 kg (45,0 %). Sportující skupinu již můžeme řadit do kategorie zvýšeného množství kosterního svalstva, ale nespportovní skupina stále patří do optimálních hodnot.

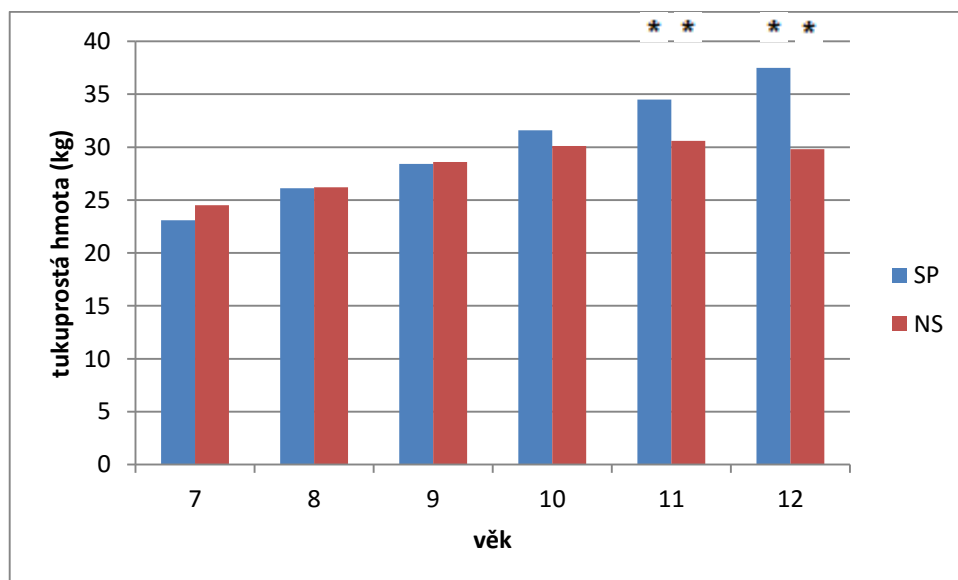
Průměrná hodnota BCM u sportovní skupiny (24,5 kg) byla větší o 2,3 kg, než hodnota u nespportující kategorie (22,2 kg). Fitness skóre jak u sportovní skupiny 74,0, tak u skupiny nespportovců 77,0 patří do kategorie normální zdatnosti.

5. 2 Srovnání vybraných somatických parametrů mezi věkovými kategoriemi



Vysvětlivky: SP – sportovní skupina, NS – nespportující skupina, ** - statistická významnost ($p < 0,05$ – hladina významnosti)

Obrázek 12. Porovnání procentuálního zastoupení tělesného tuku

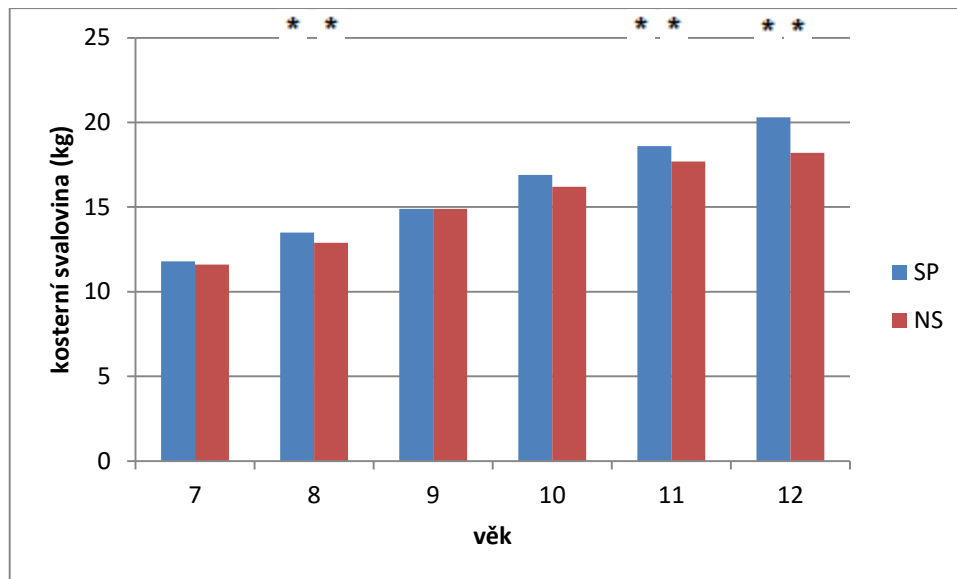


Vysvětlivky: SP – sportovní skupina, NS – nespportující skupina, ** - statistická významnost ($p < 0,05$ – hladina významnosti)

Obrázek 13. Porovnání tukuprosté hmoty

Při porovnání zastoupení tukové složky v relativních hodnotách s ohledem na věk vidíme, že u nespportující skupiny se hladina tělesného tuku s rostoucím věkem zvyšovala, na

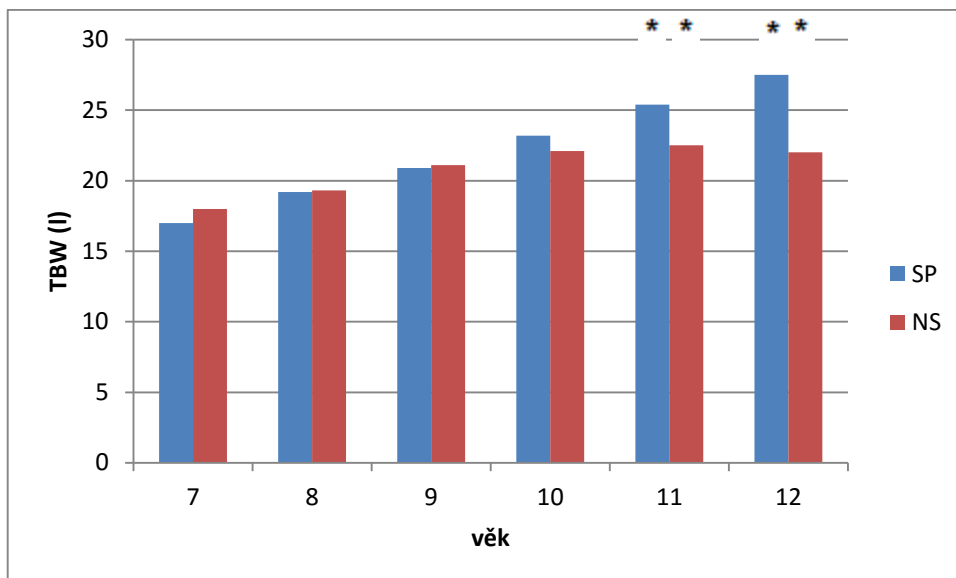
rozdíl od sportující skupiny kdy množství tuku ubývá. Ve věku 10, 11 a 12 let jsou tyto hodnoty statisticky významné (Obrázek 12). Naopak u tukuprosté hmoty (Obrázek 13) můžeme pozorovat, že s přibývajícím věkem u sportující populace docházelo k nárůstu, zatímco u nespportujících skupin dochází postupem věku spíše ke stagnaci. S nárůstem tukuprosté hmoty souvisí i nárůst kosterního svalstva. Jak můžeme vidět na obrázku 14, v podstatě v každém věku sportující kategorie mají větší množství kosterní svaloviny než nespportovci. Statisticky významné hodnoty, jsou u věku 8, 11 a 12 let.



Vysvětlivky: SP – sportovní skupina, NS – nespportující skupina, ** - statistická významnost ($p < 0,05$ – hladina významnosti)

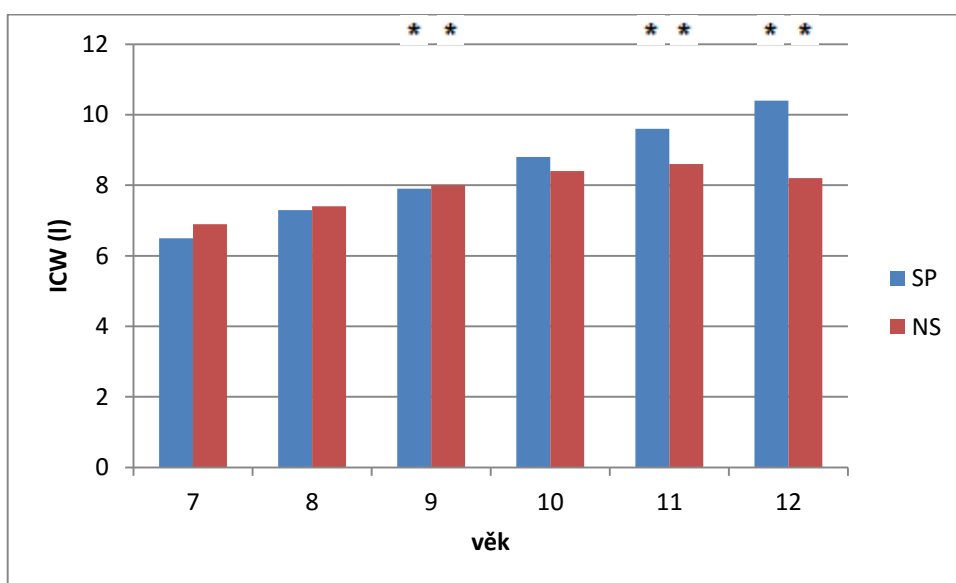
Obrázek 14. Porovnání množství kosterní svaloviny dle jednotlivých věkových kategorií

Na obrázcích 15, 16 a 17 se u jednotlivých věkových kategorií porovnává množství celkové, intercelulární, extracelulární tělesné vody. Zhruba do kategorie 9 let je množství celkové tělesné vody téměř vyrovnané u sportující i nespportující kategorie. Od 10 roku dochází k zvýšenému nárůstu TBW a s tím i spojeným nárůstem množství extracelulární i intracelulární vody. Větší hodnoty byly naměřeny u sportující kategorie. Přičemž naměřené hodnoty v 11. a 12. roku jsou statisticky významné.



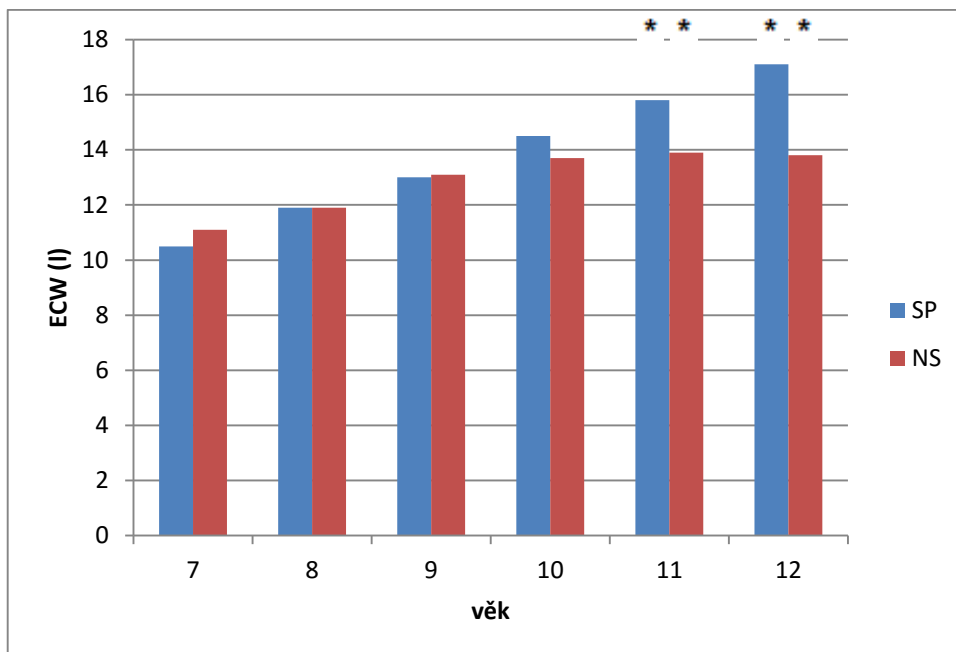
Vysvětlivky: SP – sportovní skupina, NS – nesportující skupina, ** - statistická významnost ($p < 0,05$ – hladina významnosti)

Obrázek 15. Porovnání celkové tělesné vody



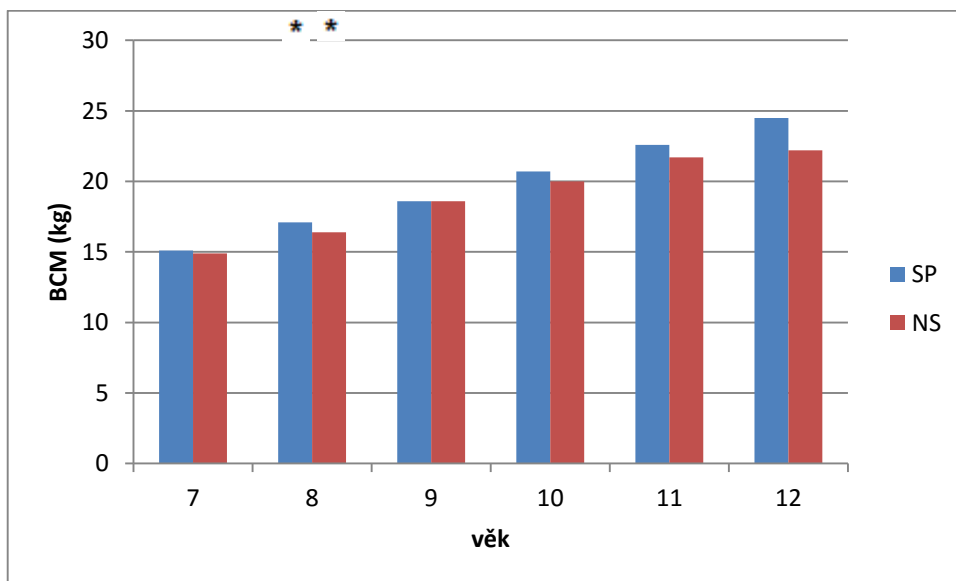
Vysvětlivky: SP – sportovní skupina, NS – nesportující skupina, ** - statistická významnost ($p < 0,05$ – hladina významnosti)

Obrázek 16. Porovnání množství intracelulární vody



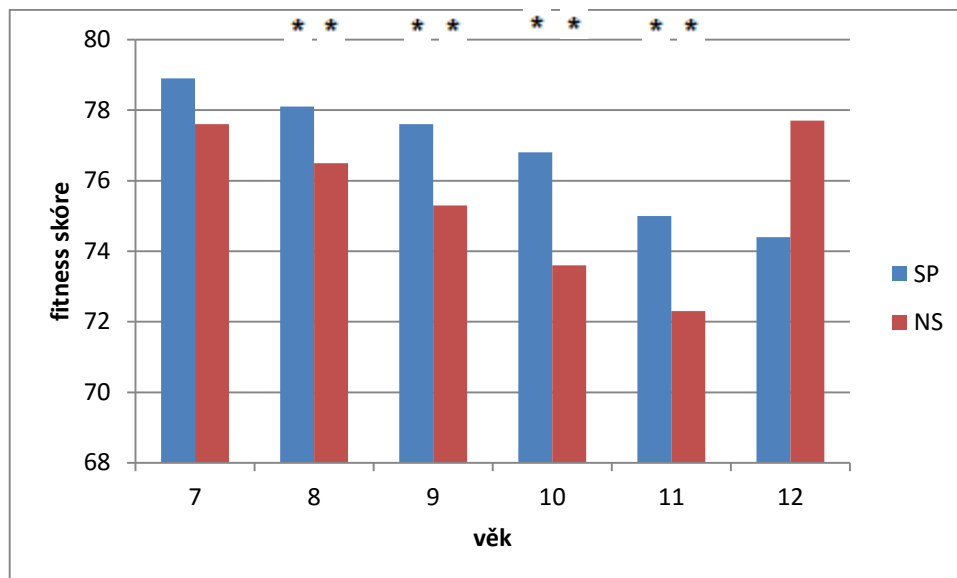
Vysvětlivky: SP – sportovní skupina, NS – nespportující skupina, ** - statistická významnost ($p < 0,05$ – hladina významnosti)

Obrázek 17. Porovnání množství extracelulární vody



Vysvětlivky: SP – sportovní skupina, NS – nespportující skupina, ** - statistická významnost ($p < 0,05$ – hladina významnosti)

Obrázek 18. Porovnání množství buněčné hmoty



Vysvětlivky: SP – sportovní skupina, NS – nespportující skupina, ** - statistická významnost ($p < 0,05$ – hladina významnosti)

Obrázek 19. Porovnání úrovně fitness skóre

Z obrázků 18 a 19 můžeme vypořozovat, že BCM i fitness skóre je u sportujících skupin chlapců vyšší, kromě hodnot ve 12. roku kdy větší průměrnou hodnotu má skupina nespportující. Přičemž rozdíl v průměrných hodnotách BCM ve věku 8 let je statisticky významný. Rozdíl ve fitness skóre je statisticky významný ve věku 8, 9, 10 a 11 let.

6 Závěr

- Obě skupiny se jeví jako středně vysocí, s výjimkou sportujících i nespportujících chlapců ve věku 12 let, která byla zařazena do kategorie malí. Hmotnost s věkem také vzrůstá. Zatímco nespportovní kategorie chlapců zůstává robustní až do 10 roku života, sportovní skupiny se jeví z pohledu hodnocení hmotnosti jako proporcionální. Od 11 roku se obě dvě skupiny jeví jako proporcionální.
- Dle percentilového grafu BMI řadíme obě skupiny na základě průměrných hodnot mezi 25. a 75. percentil, tedy do normálových hodnot s tím, že 7. a 8. rok mají větší průměrnou hodnotu BMI sportující kategorie a od 11 roku mají větší průměrnou hodnotu BMI zase kategorie nespportujících.
- Hypotézu H_{3_0} i H_{3_a} zamítáme, jelikož do 9. roku bylo nalezeno větší množství TBW u nespportujících chlapců a od 10. začínají převyšovat sportující kategorie. Statisticky významné jsou rozdíly u TBW ve věku 11 a 12 let. Od 10. roku mají sportující skupiny chlapců větší ECW, z toho rozdíly ve věku 11 a 12 let jsou statisticky významné. Průměrná hodnota vnitrobuněčné vody je do 9. roku větší u nespportujících chlapců, z toho rozdíl v 9. roku je statisticky významný. Následně až do 12. let mají sportující chlapci průměrnou hodnotu ICW větší, přičemž průměrné hodnoty v 11. a 12. roku jsou statisticky významné.
- Procentuální množství tělesného tuku se pohybovalo od 11,1 % do 16,7 % a bylo hodnoceno u obou skupin na základě srovnání s referenčními hodnotami (www.inbody.cz) jako nízké. Na základě těchto dat zamítáme hypotézu H_{1_0} , neboť byl nalezen rozdíl v průměrných hodnotách tělesného tuku a můžeme potvrdit hypotézu H_{1_a} . U věku 10, 11 a 12 dosáhla naměřená data statistické významnosti.
- Hypotézu H_{2_0} také zamítáme jelikož, sportovní skupiny měly ve všech věkových kategoriích signifikantně větší množství FFM a SMM, tudíž můžeme potvrdit hypotézu H_{2_a} . Z toho statisticky významné jsou rozdíly u hodnoty FFM ve věku 11 a 12 let a u hodnoty SMM věku 8, 11 a 12 let. U sportovní skupiny v 11. a 12. roku se jevila kosterní svalovina jako zvýšená.
- BCM i fitness skóre je u sportujících chlapců ve všech věkových kategoriích vyšší, až na 12 let, kdy mají vyšší průměrnou hodnotu nespportující chlapci. Rozdíl v BCM byl statisticky významný u kategorie ve věku 8 let. U průměrných hodnot fitness skóre byly zaznamenány statistické rozdíly ve věku 8, 9, 10 a 11 let. Z pohledu tělesného složení se všichni jedinci jeví jako tělesně zdatní.

- Cíle diplomové práce byly splněny.

7 Souhrn

Cílem této diplomové práce bylo porovnávání vybraných parametrů tělesného složení u sportujících a nesportujících chlapců ve věku od 7 do 12 let, pomocí přístroje InBody 720.

Teoretická část diplomové práce se zabývá vývojem v mladším školním věku, jeho typickými charakteristikami, tělesným složením a charakteristikou jednotlivých složek, metodikou určování tělesného složení a představením bioelektrické impedance.

V metodické části práce se zaměřuji na popis samotného přístroje InBody 720 zhotoveného pro analýzu složení těla metodou bioelektrické impedance.

Celkový výzkum probíhal od listopadu 2008 do listopadu roku 2015.

Všichni členové všech skupin absolvovali analýzu tělesného složení pomocí metody bioelektrické impedance, prostřednictvím přístroje InBody 720 v antropometrické laboratoři Katedry přírodních věd v Kinantropologii FTK a v předem připravených učebnách na základních školách. Měření probíhalo v dopoledních hodinách, za normální pokojové teploty. Probandi měli na sobě pouze lehký oděv a byli instruováni a poučeni o zásadách, pro co nejpřesnější měření. Následně byla data výzkumného souboru statisticky zpracována v programu Microsoft Excel 2010. Průměrné hodnoty tělesné výšky, hmotnosti a BMI byly zakresleny do percentilových grafů SZU (příloha 2 – 4).

Celkem se antropometrického vyšetření metodou bioelektrické impedance na přístroji InBody 720 zúčastnilo 1012 jedinců, kteří byli rozděleni do skupiny nesportující (n=728) a sportující (n=242) a tyto dvě kategorie byly následně rozděleny dle věku po jednoletých věkových kategoriích

Během měření obou skupin, bylo zjištěno, že se zvyšujícím věkem rostla také tělesná výška, a obě skupiny se svými průměrnými hodnotami můžeme řadit mezi 25. a 75. percentil což jsou středně vysokí. Odchylku tvoří nesportovní skupina ve věku 12 let, kdy se jedinci jeví jako malí.

Stejně jako tělesná výška, tak i hmotnost s věkem narůstá. Nesportovní skupiny chlapců do 10 let patřili dle percentilů do kategorie robustní, a sportovní skupiny se jeví jako proporcionální. Od 11 roku se obě dvě skupiny jeví jako proporcionální. Obě skupiny z hlediska percentilového grafu BMI řadíme mezi 25. a 75. percentil, tedy do normálových hodnot s tím, že 6., 7. a 8. rok mají větší hodnotu sportující kategorie a od 11 roku hodnota BMI převyšuje u kategorie nesportujících chlapců.

Další sledovanou somatickou charakteristikou bylo průměrné množství celkové tělesné vody. Do 9. roku mají větší množství TBW nesportující kategorie a od 10. začínají převyšovat sportující kategorie, tudíž zamítáme jak hypotézu H3₀, tak hypotézu H3_a.

U sportující i nesportující kategorie bylo ve všech věkových skupinách naměřeno menší množství tukové komponenty, která se vyskytovala dle www.inbody.cz pod normální úrovní procentuálního množství tukové hmoty. Tudíž na základě dat přijímáme hypotézu H1_a.

V souvislosti se sportovním tréninkem a pravidelnou pohybovou aktivitou měly všechny sportovní skupiny ve všech věkových kategoriích větší množství kosterního svalstva, tudíž můžeme přijmout hypotézu H2_a. Od 11 roku se začala jevit jako zvýšená. Sportující kategorie také měly ve všech věkových skupinách větší množství buněčné hmoty, i vyšší hodnotu fitness skóre, ale dle fitness skóre se všechny kategorie jeví jako tělesně zdatní.

Po přečtení této diplomové práce by čtenář měl být schopen definovat pojmy jako tělesné složení, mladší školní věk nebo bioelektrická impedance.

Cíle, které byly stanoveny na začátku, byly splněny.

8 Summary

The aim of this work was to compare selected parameters in body composition in sport active and inactive boys aged 7 to 12 years, using Inbody 720.

The theoretical part of the thesis deals with the development a younger age, its typical characteristics, body composition and characteristics of individual components, methods of determining body composition and presentation of bioelectrical impedance.

The methodological part focuses on the description of InBody720 made for analysis of body composition by bioelectrical impedance.

Total research was conducted from November 2008 to November 2015.

All members of all the groups have completed the analysis of body composition using bioelectrical impedance method, through InBody720 in anthropometric laboratory in the Department of Natural Sciences in Kinanthropology FTK UP in Olomouc and in pre-equipped classrooms. Analysis were in the morning, at normal room temperature. Proband were wearing only light clothes and were briefed and advised on principles for precise measurements. Subsequently, data research group were statistically processed in Microsoft Excel 2010. Average values of body height, weight and BMI were drawn into percentile graphs by SZU (Annex 2–4).

A total of anthropometric examination by bioelectrical impedance device InBody 720 attended the 1012 subjects, who were divided into groups of physically inactive ($n = 728$) and active ($n = 242$) and those two categories were then divided according to age after the one-year age categories.

During the measurement of the two groups, it was found that with increasing age also increased body height, and the both groups with their average value can be sort between the 25th and 75th percentile which are of medium height. Deviation constitutes unsporting group at the age 12, were appeared to be small.

As well as body height, and weight increases with age. Non-athletes group of boys under 10 years old were percentiles according to category robust and athletes groups also appeared to be proportional. From 11 in both groups appeared to be proportional. Both groups were in terms of BMI percentile chart ranks between 25th and 75th. Which the 6th, 7th and 8th

year are more valuable sporting categories and 11 years old category in non-athletes are higher.

Another observed somatic characteristics were the average amount of total body water. BY 9 year have a greater amount of TBW non-athletes category and the 10th begin to exceed the sporting category, thus we reject the hypothesis as H_{3_0} and H_{3_a} hypothesis.

In non-sport and sporting categories were in all age groups measured smaller amounts of BFM, which occurred by www.inbody.cz as low. Thus, based on the data we accepted hypothesis H_{1_a} .

In the context of sports training and regular physical activity have all the sports groups of all ages greater amount of skeletal muscle mass, therefore we accept the hypothesis H_{2_a} . From 11 year began to appear elevated. Sporting category also had in all age groups a greater amount of cell mass, and higher fitness score, but according to fitness scores with everyone all categories appear to be physically fit.

After reading this thesis the reader should be able to define concepts such as body composition, young school age or bioelectrical impedance

Goals that were set at the beginning have been met.

9 Referenční seznam

- Anonymous (n. d.). Healthy Body Fat Ranges for Children. Retrieved 24. 11. 2015 from the World Wide Web: <http://www.anthropometricinstruments.com/images/1000x0/produkty/7/kaliper-best-ii-k-501.jpg>
- Anonymous (n. d.). Healthy Body Fat Ranges for Children. Retrieved 24. 11. 2015 from the World Wide Web: www.biospace.cz.
- Anonymous (n. d.). Healthy Body Fat Ranges for Children. Retrieved 24. 11. 2015 from the World Wide Web: http://www.tanita.eu/fileadmin/user_upload/Afbeeldingen/Brochures/body_fat_ranges_Layout_1.pdf
- Anonymous (n. d.). Muskelmasse und Knochenmasse. Retrieved 24. 11. 2015 from the World Wide Web: http://www.gmon.info/man_de/muskelmasseundknochenmasse.htm
- Anonymous (n. d.). Retrieved 17. 12. 2015 from the World Wide Web: <http://www.biospace.cz/soubory/pdf/vyklad-vysledku-a-aplikace-inbody720.pdf>
- Anonymous (n. d.). Retrieved 17. 12. 2015 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/soubory/lookin-body/prezentace-lidske-telo.pdf>
- Anonymous (n. d.). Retrieved 15. 12. 2015 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/soucasnost.php>
- Anonymous (n. d.). Übersicht der im GMON verwendeten Bewertungsbereiche. Retrieved 25. 3. 2016 from the World Wide Web: http://www.gmon.info/man_de/bersichtderimgmonverwendetenbewertungsbereiche4.htm
- Alvira-Fernandez, J., Velde, S., Bourdeaudhuij, I., Bere, E., Manios, Y., Kovacs, E., Jan, N., Brug, J., & Moreno, L. (2013). Parental education associations with children's body composition: mediation effects of energy balance-related behaviors within the ENERGY-project. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 10, 80-89.
- Agarwal, N., Saxena, A., Bansal, K., & Agarwal, D. (2001) Physical Growth Assessment in Adolescence. *Indian Pediatrics*, 38, 1217-1235.

- Bilsborough, J., Greenway, K., Livingston, S., Cordy, J., & Coutts, A. (2016). Changes in Anthropometry, Upper-Body Strength, and nutrient Intake in Professional Australian Football Players During a Season. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*, 290-300.
- Bláha, P., Lhotská, L., Vignerová, J., Roth, Z., & Prokopec, M. (1993). *V. Celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže 1991 (české země). Antropometrická charakteristika.* SZÚ Praha: SZÚ.
- Bunc, V. (2006). Body composition as a determining factor in the aerobic fitness and physical performance of czech children. *Acta Univ. Palacki. Olomuc., Gymn., vol. 36, no. 4*, p. 39–44.
- Bunc, V., Cingálek, R., Moravcová, J., & Kalous, J. (2007). Možnosti stanovení tělesného složení u dětí bioimpedanční metodou. *Čas. lék. čes., vol. 146, č. 5*, p. 492–496.
- Clarys, P., Deriemaeker, P., Clijsen, R., Taeymans, J., Aerenhouts, D., & Barel, O. A. (2012). The influence of stratum corneum hydration on body fat determination by bioelectrical impedance analysis. *Skin Research and Technology*, *18*, 55-60.
- Demura, S., & Sato, S. (2007). Prediction of visceral fat area at the umbilicus level using fat mass of the trunk: The validity of bioelectrical impedance analysis. *Journal of Sports Sciences*, *25*(7), 823-833.
- Elisha, B., Rabasa-Lhoret, R., Messier, V., Abdulnour, J., & Karelis, D. A. (2013). Relationship between the body adiposity index and cardiometabolic risk factors in obese postmenopausal women. *European Journal of Nutrition*, *52*, 145-151.
- Gába, A. (2011). *Hodnocení tělesného složení ve vztahu k pohybové aktivitě u žen ve věku 55–84 let.* Disertační práce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury.
- Hajn, V. (2001). *Antropologie II.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Hallal, C. P., Victora, G. C., Azvedo, R. M., & Wells C. J. (2006). Adolescent Physical Activity and Health. *Sports Med.*, *36*(12), 1019-1030.
- Haluzík, M., Trachta, P., & Haluzíková, D. (2010). Hormony tukové tkáně. *Vnitř. Lék.*, *56*(10), 1028-1034.

- Havel, P. (2004). Update on Adipocyte Hormones: Regulation of Energy Balance and Carbohydrate/Lipid Metabolism. *Diabetes*, 53, p.S143
- Havlíčková, L., Bartůňková, S., Dlouhá, R., Melicha, J., Šrámek, P., & Vránová, J. (2006). *Fyziologie tělesné zátěže*. Praha: Karolinum.
- Heymsfield, S. B. (2009). *Body composition (elektronicko zdroj)*. Londýn: Henry Stewart Talks.
- Katzmarzyk, P. T., Shen W., Baxter-Jones, A., Bell, J. D., Butte, N. F., Demerath, E., W. et al. (2012). Adiposity in children and adolescents: correlates and clinical consequences of fat stored in specific body depots. *Pediatric Obesity*, 7, 42–61.
- Korth, O., Bösy-Westphal, A., Zschoche, P., Glüer, C., & Müller, M. (2007). Influence of methods used in body composition analysis on the prediction of resting energy expenditure. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61, 582-859.
- Kowal, M., Kryst, L., Sobiecki, J., & Woronkiewicz, A. (2013). Secular trends in body composition and frequency of overweight and obesity in boys aged 3 – 18 from Krakov, Poland, within the last 30 years (from 1983 to 2010). *J. Biosoc. Sci.*, 45, 111-134.
- Krásničanová, H. (2005). *Pediatrická Auxologie. Kompendium pediatrické auxologie*. Retrieved: 20.12.2012 from the World Wide Web:<http://www.ojrech.cz/lesny/kompendium/>
- Kyle, U. G., Morabia, A., Schutz, Y., & Pichard, C. (2004). Sedentarism affects body fat mass index and fat-free index in adults aged 18 to 98 years. *Nutrition*, 20(3), 255–260.
- Kyle, U. G., Schutz, Y., Dupertuis, Y., & Pichard, C. (2004). Body composition interpretation: contribution of fat-free mass index and body fat mass index. *Clinical Nutrition*, 19, 587–604.
- Langmeier, M. a kol. (2009). *Základy lékařské fyziologie*. Praha: Grada publishing
- Laurson, K., Eisenmann, J., & Welk, G. (2011). Body Fat Percentile Curves for U. S Children and Adolescents. *American Journal of Preventive Medicine*, 41(2), 87–92.
- Lukaski, H., C. (1987). Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 46(4), 537–556.

- Máček, M., & Máčková, J. (2013). Pohybová aktivita a dětská obezita. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 22(2), 96-102.
- Maffulli, N., Chan, K. M., Macdonald, R., Malina, R. M., & Parker, A. W. (2001). *Sports Medicine for Specific Ages and Abilities*. London: Churchill Livingstone.
- Malina, R., & Bouchard, C. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*.ampaign, IL: Human Kinetics.
- Mattsson, C., & Olsson, T. (2007). Estrogens and Glucocorticoid Hormones in Adipose Tissue. *Curr. Med, Chem*, 14(27), p. 2918-24.
- Müller, M., Braun, W., Pourhassan, M., Geisler, C., & Bösby-Westphal, A. (2016). Applications of standards and models in body composition analysis. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 75(2), p. 181-187.
- Okley, A. D., Booth, M. L., & Chey, T. (2004). Relationships between body composition and fundamental movement skills among children and adolescents. *RQES*, 75(3), 238–247.
- Pařízková, J., Lysá, L., et al. (2007). *Obezita v dětství a dospívání*. Praha: Karolinum.
- Přidalová, M. (2005). *Somatodiagnostika studentů a studentek studijního programu tělesná výchova a sport na FTK UP*. Habilitační práce, Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Přidalová, M., Sofková, T., Dostálová, I., & Gába, A., (2011). Vybrané zdravotní ukazatele u žen s nadváhou a obezitou ve věku 20–60 let. *Česká antropologie*, 61(1), 32–38.
- Riegerová, J., & Ulbrichová, M. (1998). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu. (příručka funkční antropologie)*. Olomouc: Hanex.
- Riegerová, J., Přidalová, M., Valenta, M., & Dostálová, I. (2008). Analýza složení těla pomocí bioimpedance a antropometrie u moravských žen ve věku senescence, vliv střednědobého pohybového experimentu. *Medicina Sportiva Bohemica Slovaca*, 17(4), 191–196.

- Roche, A. F., Heymsfield, S. B., & Lohman, T. G. (1996). *Human body composition. Champaign, IL: Human Kinetics.*
- Rokyta, R. (2000). *Fyziologie: pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech.* Praha: ISV nakladatelství.
- Sigmund, E., Sigmundová, D., Šnoblová, R., Schauerová, L., Kubíková, M., Poláková, H., & Prášek, F. (2013). Příspěvek pohybové aktivity ve školní tělesné výchově k celodenní pohybové aktivitě 9 až 11 letých dětí s nadváhou a obezitou. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 22(3), 145-156.
- Sigmundová, D., Sigmund, E., & Šnoblová, R. (2010). Návrh doporučení k provádění pohybové aktivity pro podporu pohybové aktivního a zdravého životního stylu českých dětí. *Physical Culture*, 31, 9-27.
- Silva, A., Fields, D., Quitério, A., & Sardinha, L. (2009). Are Skinfold-Based Models Accurate and Suitable for Assessing Changes in Body Composition in Highly Trained Athletes? *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), p. 1688-1696.
- Thibault, R., Genton, L., & Pichard, C. (2012). Body composition: Why, when and for who? *Clinical Nutrition*, 31(4), 435-447.
- Trojan, S. et al. (2003). *Lékařská fyziologie.* Praha: Grada Publishing.
- Vařeková, J., & Daďová, K. (2014). Pohybová aktivita a kognitivní funkce. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*. 23(4), 210-215.
- Vignerová, J., Humeníková, L., Paulová, M., & Riedlová, J. (2008) Prevalence of overweight, obesity and low weight in the Czech child population up to 18 years of age in the last 50 years. *Journal of Public Health* 16, 413–420.
- Vignerová, J., Riedlová, J., Bláha, P., Kobzová, J., Krejčovský, L., Brabec, M., et al. (2006). *6. celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže 2001. Česká republika. Souhrnné výsledky.* Praha: PřF UK, SZÚ.
- Wang, Z., Pierson Jr., R., & Heymsfield, S. (1992). The five level model a new approach to organizing body composition research. *American Journal of Clinical Nutrition*, 56(1), p. 19–28.

Wilmore, J. H. (1992). *Body composition and body energy stores: Endurance in sport*. Oxford Blackwell Scientific Publ., 224.

10 Přílohy

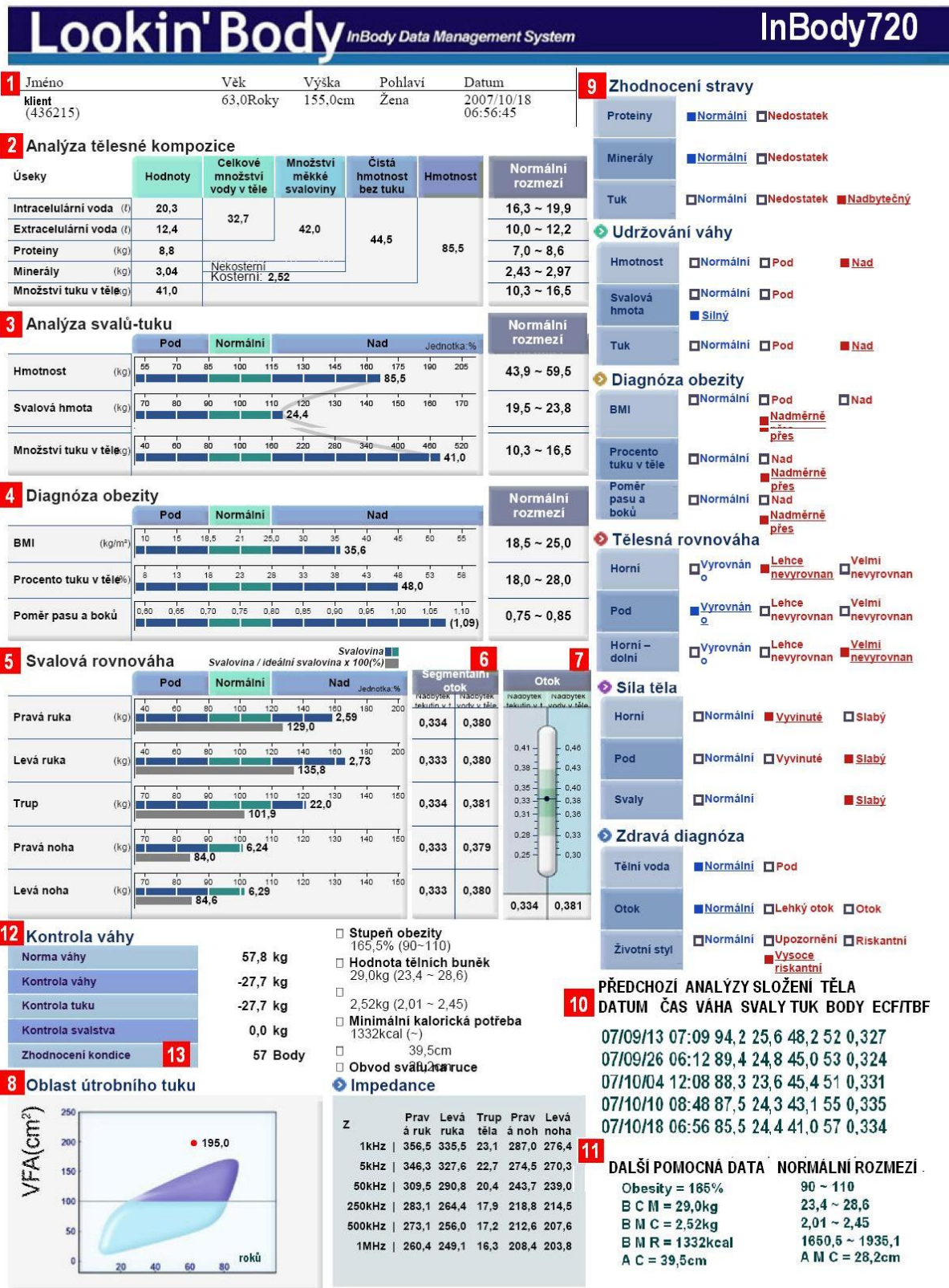
Příloha 1. Výstup dat ze softwaru přístroje InBody 720

Příloha 2. Percentilový graf výšky pro chlapce mezi 0 – 18 věkem

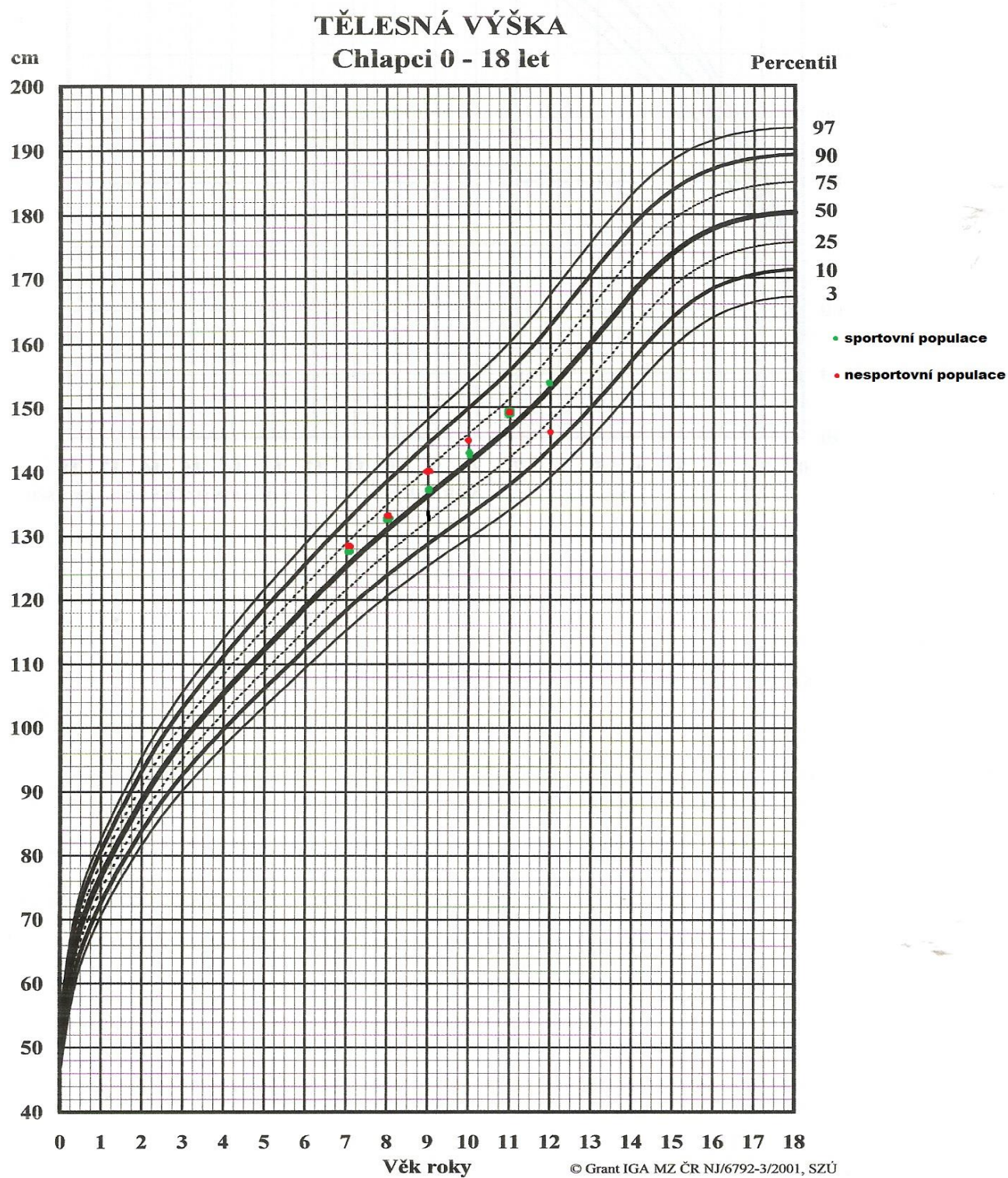
Příloha 3. Percentilový graf hmotnosti pro chlapce mezi 0 – 18 věkem

Příloha 4. Percentilový graf BMI pro chlapce mezi 0 – 18 věkem

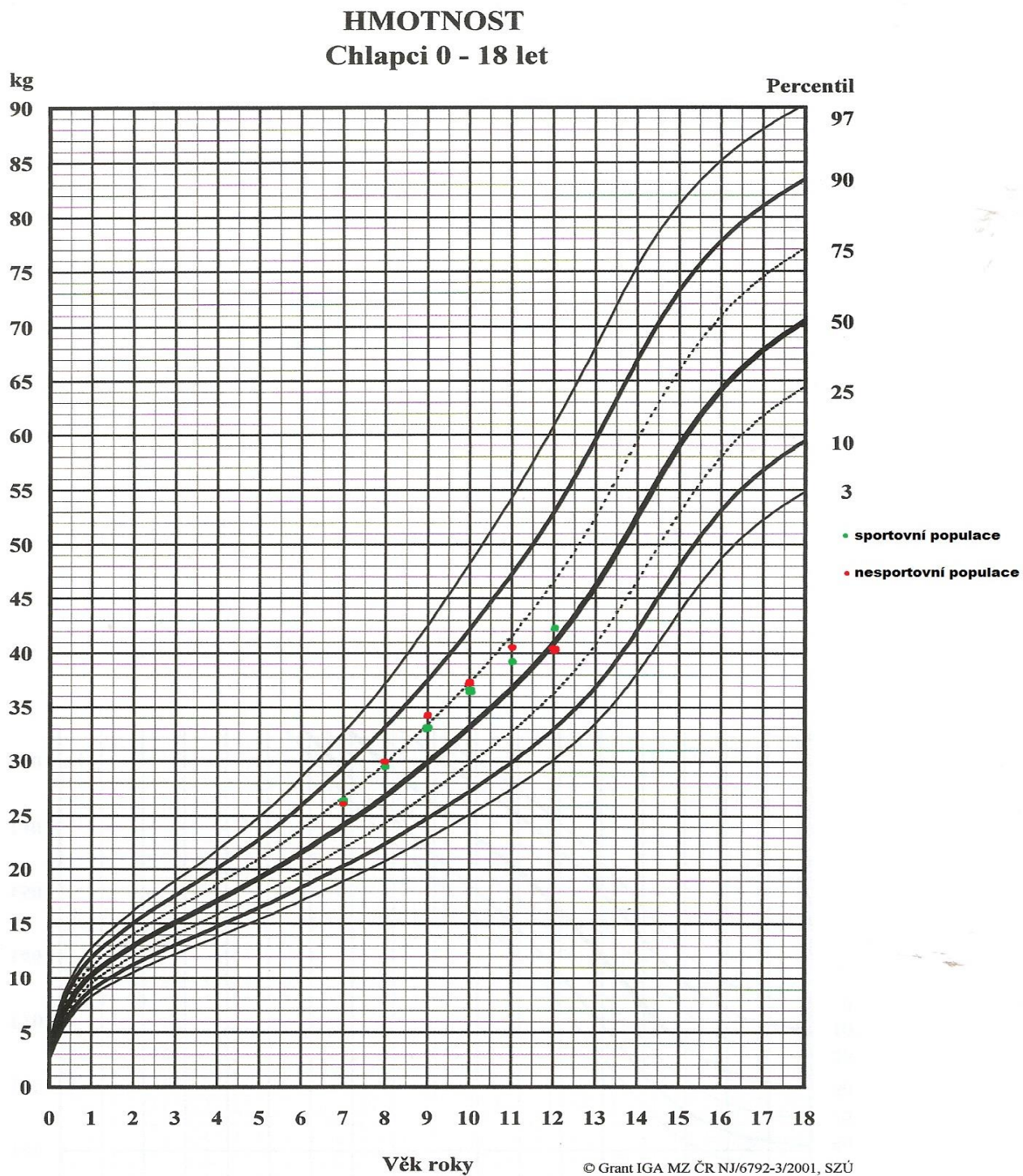
Příloha 1. Výstup dat ze softwaru přístroje InBody 720



Příloha 2. Percentilový graf tělesné výšky pro chlapce ve věku 0-18 let



Příloha 3. Percentilový graf tělesné hmotnosti pro chlapce ve věku 0-18



Příloha 4. Percentilový graf BMI pro chlapce ve věku 0-18

