

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

SOMATICKÝ STAV DĚTÍ MLADŠÍHO ŠKOLNÍHO VĚKU

Diplomová práce  
(magisterská)

Autor: Bc. Eliška Žáková, učitelství pro střední školy,  
tělesná výchova - biologie

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

Olomouc 2017

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Eliška Žáková  
**Název diplomové práce:** Somatický stav dětí mladšího školního věku  
**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii FTK UP  
**Vedoucí diplomové práce:** doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.  
**Rok obhajoby diplomové práce:** 2017

**Abstrakt:** Hlavním cílem této magisterské práce je popsání a srovnání vybraných somatických parametrů u dětí mladšího školního věku, které dochází do základních škol Olomouckého kraje. Měření se v rámci výzkumu zúčastnilo 1628 dětí (871 dívek a 757 chlapců), které byly dle věku rozděleny do šesti kategorií (šest až jedenáct let). Pro zjištění hodnot složení lidského těla byl využit přístroj InBody 720, jenž pracuje na principu bioelektrické impedance. Získané údaje byly porovnány navzájem mezi jednotlivými věkovými kategoriemi, mezi oběma pohlavími a s hodnotami z předchozích antropologických výzkumů a jiných studií. Obecně lze říci, že průměrné hodnoty zvolených parametrů se s narůstajícím věkem pravidelně zvyšují. Největší meziroční nárůst hodnot tělesného složení se vyskytl obvykle mezi 9 a 10letými dětmi. Nejčastěji se hlavní intersexuální rozdíly objevily u 9letých dětí. Dívky měly vždy vyšší zastoupení tukové hmoty než chlapci, ale u tukuprosté a svalové hmoty tomu bylo naopak. U ECM/BCM poměr se výsledky chlapců téměř nelišily od výsledků dívek. Hodnoty BCMI a FFMI byly vyšší u chlapeckého souboru, zatímco BFMI u dívčího. U vybraných parametrů jsme provedli srovnání s výsledky 6. Celostátního antropologického výzkumu. Všechny průměrné hodnoty našeho souboru byly s referenčními hodnotami ve shodě.

**Klíčová slova:** bioelektrická impedance, mladší školní věk, InBody 720, Body Mass Index, Body Cell Mass Index, Body Fat Mass Index, Fat-free Mass Index, Extracellular Mass, Total Body Water

Souhlasím s půjčováním závěrečné písemné práce v rámci knihovních služeb.

**Author's first name and surname:** Bc. Eliška Žáková  
**Title of the thesis:** The somatic status of younger school-aged children  
**Department:** The Department of Natural Sciences in Kinanthropology FTK UP  
**Supervisor:** doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.  
**The year of presentation:** 2017

**Abstract:** The main aim of this thesis is description and comparison of selected somatic parameters in younger school-aged children, who attend primary schools in Olomouc region. 1628 children (871 girls and 757 boys) participated in the research. They were divided into six categories according to age (from six to eleven years). InBody 720 device was used for measuring the values of body composition; it uses principles of bioelectrical impedance analysis. The results were compared between age categories, between both sexes and with values from other researches. We can say that average values of selected parameters grow steadily with age. The biggest increase of values of body composition occurred usually between 9 and 10 years old children. The biggest intersexual differences appeared most often at the age of 9. Girls always had higher average values of body fat, but values of fat-free mass and skeletal muscle mass were higher in the file of boys. The children did not differ much in the ECM/BCM ratio. The average results of BCMI and FFMI appeared as higher in the boys, while results of the BFMI in the file of girls. Selected parameters were compared with results of the 6<sup>th</sup> National Anthropometry Research. All average values of our file corresponded with reference data.

**Key words:** bioelectrical impedance analysis, younger school age, InBody 720, Body Mass Index, Body Cell Mass Index, Body Fat Mass Index, Fat-free Mass Index, Extracellular Mass, Total Body Water

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

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně s odbornou pomocí doc. RNDr. Miroslavy Přidalové, Ph.D., uvedla jsem všechny použité literární a odborné zdroje a řídila se zásadami vědecké etiky.

V Olomouci 15. dubna 2017

.....

Děkuji své vedoucí práce doc. RNDr. Miroslavě Přidalové za odborný dohled, ochotu, pomoc a cenné rady, které mi při zpracování diplomové práce poskytla. Dále bych chtěla poděkovat RNDr. Milanu Elfmarkovi za statistické zpracování. Studie byla podporována prostřednictvím grantu „Hodnocení variability provedení chůze jako ukazatele rizika pádů“ z GAČR (registrační číslo 15-13980S) a projektu „Hodnocení posturální stability jako základního faktoru pro prevenci pádů“ z IGA\_FTK\_2015\_006.

## Obsah

1	ÚVOD .....	8
2	TEORETICKÁ ČÁST .....	10
2.1	Periodizace lidského věku .....	10
2.2	Mladší školní věk .....	11
2.2.1	Periodizace období mladšího školního věku .....	11
2.2.2	Procesy probíhající v období mladšího školního věku .....	12
2.2.3	Tělesný vývoj .....	13
2.2.4	Motorický vývoj .....	15
2.2.5	Psychický vývoj .....	16
2.3	Růst dítěte .....	17
2.3.1	Růstová křivka .....	18
2.3.2	Růstová rychlost .....	19
2.3.3	Růstové percentilové grafy .....	19
2.3.4	Pohybová aktivita a růst a vývoj dítěte .....	23
2.4	Složení lidského těla .....	25
2.4.1	Charakteristika komponent tělesného složení .....	27
2.4.2	Metody stanovení tělesného složení .....	34
2.4.3	Indexy tělesného složení .....	41
3	CÍLE .....	45
4	METODIKA .....	46
5	VÝSLEDKY .....	50
6	DISKUZE .....	66
7	ZÁVĚRY .....	83
8	SOUHRN .....	85
9	SUMMARY .....	87
10	REFERENČNÍ SEZNAM .....	90

11 PŘÍLOHA .....	95
------------------	----

## 1 ÚVOD

Antropologické výzkumy měly a stále mají za cíl zjišťovat růstové a vývojové změny somatických charakteristik, ke kterým dochází v rámci ontogenetického vývoje. Výsledky hrají důležitou roli pro sledování růstových trendů. V České republice měly dlouholetou tradici celostátní antropologické výzkumy (CAV), které od roku 1951 probíhaly opakovaně každých 10 let. Díky nim byly stanoveny aktuální vývojové a růstové standardy pro českou dětskou populaci. Ovšem v roce 2011 došlo k přerušení celostátního sledování somatického stavu dětí, protože výzkum nebyl realizován. Na tradici se snaží navázat výzkumy, které sledují somatický stav dětí zejména na regionální úrovni (Kopecký, Cymek, Matějovičová, & Charamza, 2013).

V této diplomové práci se proto zabýváme somatickým stavem u dětí mladšího školního věku, které navštěvují základní školy Olomouckého kraje. Zaměříme se na základní somatické charakteristiky, jakými jsou tělesná výška a hmotnost, a tělesné složení, stanovené pomocí bioelektrické impedanční analýzy (BIA).

Zvolené parametry jsou často využívány pro sledování změn ve výživových parametrech, změn zdravotního stavu nebo pro sledování vlivu působení tělesné zátěže na lidský organismus, které se obvykle projevují změnami v zastoupení jednotlivých tělesných frakcí, tedy úbytkem nebo nárůstem tukové a tukuprosté složky (Pastucha et al., 2014).

Období mladšího školního věku představuje výraznou etapu v životě dítěte. S nástupem povinné školní docházky se změní denní režim dítěte, kdy se z relativně volného hravého prostředí přesouvá do školního prostředí, kde musí několik hodin klidně sedět a samo se pokouší splnit úkoly, na které nebylo zvyklé. S tím se zvyšuje množství zátěže, jež je na dítě kladeno. Snížení množství pohybové aktivity a nesprávné stravovací návyky mohou ohrozit zdraví a optimální růst a vývoj dítěte.

Jak je uvedeno výše, byla pro stanovení tělesného složení v rámci antropologického výzkumu využita metoda bioelektrické impedance. V dnešní době se jedná o jednu z nejvyužívanějších metod, protože je neinvazivní, bezpečná a relativně levná. Navíc je vhodná pro použití nejen u zdravé populace, ale i u jedinců s onemocněním (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

V této práci provedeme srovnání zvolených parametrů v rámci jednotlivých věkových kategorií, ale zabýváme se i intersexuálními diferencemi, tedy rozdíly mezi stejně starými dívkami a chlapci. Tyto parametry fungují jako ukazatelé růstu dětí, na jejichž základě můžeme vyvozovat závěry o zdravotním stavu. Můžeme tak včas odhalit nebo se přímo



vyhnout některým zdravotním komplikacím. Jelikož je zdravý životní styl v dnešní době jedním z často diskutovaných témat, kde je společnost nabádána, aby se zajímala o své zdraví, považují za jednu ze základních rodičovských povinností pečovat o své dítě a zajímat se o jeho zdravotní stav. Proto byly výstupní informace našeho šetření předány rodičům (zákonným zástupcům). Získali tak cenné informace o zastoupení jednotlivých složek tělesného složení u svých dětí.

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Periodizace lidského věku

Do dnešní doby se řada lékařů, biologů a pedagogů pokoušela přesně periodizovat lidský věk do jednotlivých období. Ovšem značně problematické je vymezení striktních hranic, protože neexistují. Každé období vychází z přirozeného vývoje v předešlém stupni. Výrazné rozdíly nalezneme i mezi mužským a ženským pohlavím, tedy intersexuální rozdíly, i mezi etniky (rozdíly etnické). Také se mohou lišit jedinci stejného pohlaví náležící do téže etnické skupiny (rozdíly individuální). Proto je dále uváděná délka jednotlivých období života pouze přibližná a informativní a je stanovena konvencí (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Pro přehlednost uvádíme jednotlivá období v tabulce 1.

Tabulka 1. Etapy lidského života (upraveno dle Riegerová et al., 2006)

<b>Období</b>	<b>Konvenční hranice</b>	<b>Biologické vymezení</b>
<b><i>PRVNÍ DĚTSTVÍ</i></b> <b><i>(Infans I)</i></b>	<b><i>končí v 7 letech</i></b>	<b><i>po prořezání první stoličky (M 1)</i></b>
novorozenec	28 dní	od přestřížení pupečního provazce do zahojení pupeční jizvy
kojenec	12 měsíců	jen několik měsíců, pro 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
<b><i>DRUHÉ DĚTSTVÍ</i></b> <b><i>(Infans II)</i></b>	<b><i>končí ve 14 – 15 letech</i></b>	<b><i>do prořezání druhé stoličky (M 2)</i></b>
mladší školní věk	od 6 – 7 let 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
<b><i>DOSPĚLOST</i></b> <b><i>dorostenecký věk (Juvenis)</i></b>	<b><i>od 15 – 18 let</i></b>	<b><i>od dosažení pohlavní dospělosti, adolescence (mladistvá dospělost)</i></b>

Pokračování Tabulky 1. Etapy lidského života (upraveno dle Riegerová et al., 2006)

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	

Protože se tato diplomová práce zabývá somatickým stavem dětí mladšího školního věku, je popis ostatních věkových období nadbytečný, a proto jej vynecháme. Uvedeme pouze podrobnější popis skupiny mladšího školního věku.

## 2.2 Mladší školní věk

V této kapitole si přiblížíme období mladšího školního věku. Definujeme si věkové rozmezí, do kterého patří, stručně jej charakterizujeme z pohledu tělesného, motorického a psychického vývoje.

### 2.2.1 Periodizace období mladšího školního věku

Mladší školní věk obvykle začíná ve věku okolo 6-7 let (kdy dítě obvykle zahajuje povinnou školní docházku) a končí v 11-12 letech (začínají se projevovat první známky pohlavního dospívání) (Langmeier & Krejčířová, 2006).

Vágnerová (2005) ještě mladší školní věk rozděluje do dalších 2 období. První označuje jako *ranný školní věk*, který trvá od nástupu do školy do věku 8-9 let. Je charakteristické změnou sociálního postavení a vývojovými proměnami, jež se odráží zejména ve vztahu ke škole. *Střední školní věk* začíná v 8-9 letech a končí v 11-12 letech (v době přechodu na 2. stupeň základní školy), kdy dítě začíná dospívat. V tomto období probíhají různé změny, které jsou přípravou na dobu dospívání.

Období mladšího školního věku spadá z hlediska etap lidského života do období druhého dětství (Infans II); předchází mu od 4 let trvající předškolní věk a následuje jej starší školní věk, kdy probíhá puberta (Riegerová et al., 2006).

### 2.2.2 Procesy probíhající v období mladšího školního věku

Toto životní období se při běžném pohledu může jevit jako vcelku nezajímavé a s minimálním dopadem na osobnost dítěte. Změny nejsou tak převratné jako v předcházejících etapách, ani tak bouřlivé jako v etapách následujících. Psychoanalytici dokonce mladší školní věk označují termínem „latentní období“, protože část psychosexuálního vývoje je ukončena a naopak stále ještě drímá pudová a emoční složka osobnosti, která se plně projeví až se začátkem puberty (Langmeier & Krejčířová, 2006).

Důležitým milníkem života každého dítěte je vstup do školy. Dítě tak získá nové postavení ve společnosti – stane se žákem. Začátek nové životní etapy je přesně časově určen a ritualizován – zápisem a slavnostním prvním školním dnem (Vágnerová, 2005).

Machová (2008) uvádí, že vstup do školy přináší do života dítěte velkou změnu. Dochází k nárůstu zátěže, která je vyvolaná změnou životních podmínek. Zatížení může často přesáhnout adaptační možnosti dítěte. Tím je ohroženo jeho zdraví, psychický vývoj i školní výsledky.

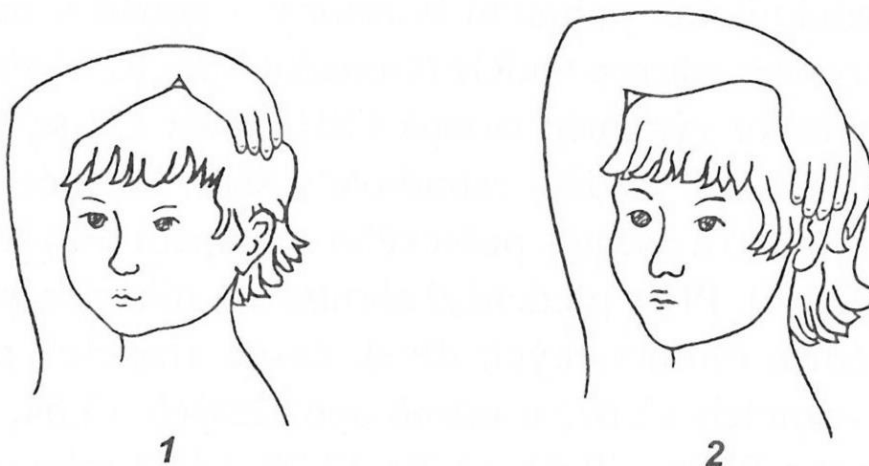
Pro období mladšího školního věku je charakteristická řada rysů, stavů a procesů (Studium Psychologie, n.d.):

- *spolupráce* – ochota dítěte pomáhat (pocit užitečnosti), srovnání šikovnosti mezi vrstevníky, sebedokonalování, poznávání principů okolního světa,
- *soutěživost* – motivace k výkonu, snaha být nejlepším, zaměření se na dosažení cíle,
- *škola jako hlavní motiv* – těšení se do ní, sdělování prožitků, úspěchů, novinek,
- *naivní realismus* – důvěřivost (všemu důvěřují), postupný přechod v *kritický realismus*,
- *závislost na autoritách* – největší autoritou stále rodiče a vyučující (vzory chování), od 10 let upřednostňování kamarádů před učitelem,
- *psychicky klidné období* – pozitivní citové ladění, družnost, otevřenost, bezstarostnost, radostnost, hovornost,
- *potřeba začlenit se* (v pozdější části období) – touha ztotožnit se se skupinou,
- *zlepšení paměti* – přechod od mechanické paměti k logické, od krátkodobé k dlouhodobé, ukončení růstu mozku (okolo 10. roku).

### 2.2.3 Tělesný vývoj

Před zahájením povinné školní docházky si tvar těla dítěte stále zachovává dětský ráz. Dochází k zásadnímu rozvoji centrální nervové soustavy a vegetativních funkcí. Oproti batolecímu období se snižuje intenzita růstu. Až okolo 6. roku nastává tzv. první proměna postavy, kdy se začínají měnit proporce těla. Prodlužují se horní a dolní končetiny, zeštíhluje se trup a celkově působí postava „vytáhlejším“ dojemem (Riegerová et al., 2006).

Zmenšuje se i velikost hlavy (oproti zbytku těla). To spolu s delšími pažemi umožňuje dítěti dosáhnout si přes vzpřímenou hlavu na ušní boltec na protilehlé straně hlavy. Jedná se o tzv. *filipínskou míru*, kterou je možné využít pro posouzení tělesné vyspělosti dítěte (Langmeier & Krejčířová, 2006). Jak uvádí Riegerová et al. (2006), u dítěte, u kterého ještě nenastala první proměna postavy, je tento test negativní. Filipínská míra je zobrazena na Obrázku 1.



Obrázek 1. Filipínská míra: dítě předškolního věku před proměnou postavy (1) rukou nedosáhne přes temeno hlavy na protilehlé ucho; dítě po první proměně postavy (2) již rukou na ušní boltec dosáhne (převzato z Riegerová et al., 2006, str. 91).

V této době probíhá tzv. druhé dětství, jež se projevuje relativním vývojovým klidem. Konec dětství a nástup puberty nám obvykle signalizuje prořezání druhé stoličky (Riegerová et al., 2006).

Dle Riegerové et al. (2006) vyrostou děti v období mladšího školního věku průměrně o 5 cm/rok; intersexuální rozdíl v rychlosti růstu je nevýznamný. Dle individuálních křivek můžeme dětství rozdělit do etap, které se opakují co dva roky. V nich dochází k urychlenému růstu. První je označována jako předškolní spurt (4,6 až 4,8 let) – ten se naší skupiny přímo nedotýká. Druhou je mid-spurt (6,7 – 7 let); třetí etapa se nazývá pozdní dětský spurt (8,6-9,2 let) a poslední je prepubertální spurt (10 – 10,8 let), která nám dětství v podstatě ukončuje.

Mezi jednotlivými etapami růstu dochází k rovnoměrnému zpomalení, které následně plynule přejde do etapy další. Obecně u dívek začínají vlny růstu dříve než u chlapců, ale jejich trvání je obvykle kratší.

Machová (2008) označuje období pomalého růstu a vývoje jako období druhé plnosti, protože klidné a pravidelné růstové tempo umožňuje opětovný růst tukové vrstvy v podkoží. Ročně se hmotnost dítěte průměrně zvětší o 3 kg (Tabulka 2).

Tabulka 2. Průměrné hodnoty tělesné výšky, hmotnosti a obvodu hlavy u dětí mladšího školního věku od 7 do 10 let (upraveno dle Machová, 2008)

Věk (roky)	Výška (cm)		Hmotnost (kg)		Obvod hlavy (cm)	
	chlapci	dívky	chlapci	dívky	chlapci	dívky
7	124,9	124,2	24,8	24,4	52,3	51,3
8	130,2	129,8	27,5	27,2	52,6	51,7
9	135,7	135,4	30,7	30,4	53,1	52,1
10	140,9	141,0	34,2	33,9	53,5	52,5

Mezi 6. a 8. rokem nastává důležitý mezník ve vývoji, tzv. *adrenarché* (zvyšování sekrece adrenálních androgenů). Dochází k nárůstu procentuálního zastoupení tělesného tuku a k jeho rozdílnému ukládání v rámci obou pohlaví (sexuální dimorfismus). U dívek lze po 8. roce zaznamenat stálý přírůstek; u chlapců po 10. roce je naopak patrný pokles množství tuku v těle (po předchozím pravidelném nárůstu). Zároveň po 10. roce začíná remodelace pánve, biomechanika pohybového aparátu a tělesné proporce nabývají vzorců dospělého těla (Riegerová et al., 2006).

Dítě mladšího školního věku potřebuje pohyb v odpovídající kvalitě a kvantitě. Obecně se dá říci, že by se mělo pohybu věnovat stejně dlouhou dobu, jakou stráví sezením ve škole (Dylevský et al., 1997).

Samotný vstup do školy znamená v životě dítěte velkou změnu. Například se změní pohybový režim, protože nyní musí klidně sedět po velmi dlouhou dobu. S tím se pojí i zmenšení délky pobytu na čerstvém vzduchu. Oba aspekty školní docházky spolu s možnou delší dopravou do školy jsou obvyklým zdrojem únavy. Dalším zdrojem je samozřejmě pracovní zátěž, která může vyústit i v nechuť v práci pokračovat. Proto je velmi důležitý dostatečný odpočinek (Machová, 2008).

#### 2.2.4 Motorický vývoj

Při první proměně postavy (a přímo po ní) jsou dětské pohyby charakteristické určitou neobratností a neohrabaností. Dítě se totiž musí nejprve svému změněnému „tělesnému tvaru“ přizpůsobit. Ovšem za krátkou dobu je schopné připravené předvádět výkony, které vyžadují sílu a obratnost. Nejčastěji jich využívá při hře, cvičení a běhu (Machová, 2008).

V průběhu celého období dochází k významnému a souvislému zlepšení hrubé i jemné motoriky. Zvyšuje se tím zájem nejen o pohybové hry a sportovní výkony (kdy využije nově získanou obratnost, vytrvalost a sílu), ale i výkon při učení, psaní a kreslení (Langmeier & Krejčířová, 2006).

V šesti letech se u dětí začíná zvětšovat síla svalů. Obvykle jsou v tomto věku chlapci silnější než stejně velké dívky. S rostoucím věkem se zlepšuje koordinace, kdy děti zvládnou stoj na jedné i druhé noze, při chůzi a běhu do schodů střídat nohy a chytat i házet míčkem. Při učení se nové motorické dovednosti činnost často opakují stále dokola, dokud ji dostatečně nezvládnou. Poté ji opouští a začínají se učit novou. Dále děti rády vyhledávají příležitost pro zapojení se do týmových aktivit a her, jako je třeba fotbal (Allen & Marotz, 2005).

Rozvoj motorických výkonů není podmíněn pouze genetickými předpoklady, ale i vnějšími podmínkami. Proto pokud jsou vhodně podporovány, projevují se rychlejším a diferencovanějším vzestupem. Podpora ze strany rodičů nebo naopak tlumení (ze strachu, aby si dítě nějak neublížilo) mohou být z určité části příčinou, proč se mezi dětmi stejného věku vyskytují rozdíly v pohybových dovednostech. Očekávání vychovávajících mohou zřejmě i za některé intersexuální rozdíly, kdy dochází k upřednostňování rozvoje pohybových dovedností v jiných směrech (např. u chlapců rozvoj dovedností spojených se sportovními hrami s míčem a u dívek naopak spojených s estetikou těla a tancem) (Langmeier & Krejčířová, 2006).

Postupem času získá dítě v motorické oblasti jistotu a snadno a lehce si osvojuje pohybové dovednosti. Je to příhodná doba pro naučení se plavání a jízdě na kole; dítě se může věnovat i jiným sportům (Langmeier & Krejčířová, 2006). Avšak mnoho sportů oceňovaných a preferovaných rodiči vyžaduje vyspělejší odhad vzdálenosti a koordinace oko-ruka, stejně jako i rychlejší reakční čas, než jaké jsou přiměřené školnímu věku. Hry, které se hodí pro motorické dovednosti na úrovni mladšího školního věku, jsou malá kopaná, vybíjená a týmové štafetové závody (Encyclopedia of Children's Health, n.d.).

V průběhu vývoje se mění podíl jednotlivých schopností zapojovaných do činností. V 6 letech výrazně převažují obratnostní aktivity nad vytrvalostními, protože je obratnost více

rozvinuta než vytrvalost; v 10 letech je poměr těchto dvou schopností vyrovnaný (Tabulka 3.) (Dylevský, et al., 1997).

Tabulka 3. Podíl jednotlivých schopností zapojovaných do činnosti v mladším školním věku (upraveno dle Dylevský et al., 1997)

Věk	Obratnost	Rychlost	Síla	Vytrvalost
6 let	35%	30%	20%	15%
8 let	30%	30%	20%	20%
10 let	25%	30%	20%	25%

### 2.2.5 Psychický vývoj

Kromě tělesné stavby se dítě vyvíjí i po psychické stránce. Veškerá psychická činnost se díky vlivu soustavného a cílevědomého vzdělávání a výchovy systematicky zlepšuje. Rozvíjí se myšlení, řeč a paměť; lepší se smyslové vnímání, zejména zrak a sluch. Dítě si pozvolna buduje systém obecných pojmů, jenž je výsledkem rozvinutější schopnosti analýzy a syntézy, indukce i jejího opaku – dedukce (Machová, 2008).

V průběhu školního věku lze pozorovat vývoj ve všech oblastech vnímání. Dítě vše zkoumá, je pozornější a vytrvalejší. Stává se dobrým a často i kritickým pozorovatelem, protože nevnímá jen to, co je mu vnucováno, ale i to, na co samo záměrně dává pozor. Obecně se tak vnímání stává záměrným a cílevědomým aktem, neboli pozorováním (Langmeier & Krejčířová, 2006).

Šestileté dítě často prochází náhlými změnami nálad (nejlepší přítel se obratem může stát nejhorším nepřítelem; v jednu chvíli jsou ochotné plnit domácí povinnosti a za okamžik jsou protivné a neochotné). S rostoucím okruhem přátel se stává méně závislé na rodičích (snaží se být „velké“). Stále je však považuje za autority a snaží se jim zalíbit a vyhovět (Allen & Marotz, 2005).

V sedmi letech se dítě stává extrovertnějším, vůči dospělým vstřícnějším a vřelejším. Ve škole stále touží po pochvale a pozornosti učitele, ale nedává to již tolik najevo. Postupně začínají v jeho životě zaujímat důležité místo kamarádi, ale stále si vystačí i samo, pokud zrovna není nikdo k dispozici. Svoje vlastní chyby poměrně často svaluje na ostatní; když se mu něco nepovede, umí se pohotově vylouvat. Obvykle hledá kamarády v rámci svého pohlaví (dívky se kamarádí s dívkami, chlapci s chlapci). Svěřené úkoly plní se zodpovědností, bojí se, aby nepřišlo pozdě nebo aby nezapomnělo nějaký domácí úkol (Allen & Marotz, 2005).



Osmileté dítě už si vytváří morální hodnoty a postoje; vidí však „černobíle“, protože vše rozděluje na „špatné“ a „dobré“. Není příliš kritické k vlastním výkonům, ale lehce je vyvedeno z míry, pokud se mu nepodaří splnit zadaný úkol nebo pokud výsledek neodpovídá očekávání; stále svá selhání a chyby připisuje ostatním. Přijetí vrstevníků a členství ve skupinkách je pro něj velmi důležité. Dokáže již pochopit a uznat skutečnost, že někteří vrstevníci a kamarádi mohou mít větší nadání (ve sportu, kreslení, malování apod.). Stále touží po uznání a pozornosti dospělých, před kterými se rádo předvádí a soutěží s nimi (Allen & Marotz, 2005).

### **2.3 Růst dítěte**

V porovnání s ostatními biologickými druhy roste člověk relativně pomalu. U většiny savců následuje bezprostředně po období rychlého poporodního růstu pubertální výšvih s pohlavní zralostí; u člověka jsou tyto dvě růstově dramatické fáze odděleny jedním klidným růstovým obdobím – dětstvím. Dětství je pro člověka specifické a u žádného jiného druhu ho v tomto podání nenajdeme (Lebl, Provazník, & Hejcmanová, 2003).

Pokud růst a vývoj dítěte probíhá za fyziologických okolností, je zákonitým procesem. Komplexní systém kontroly růstu vyústil v jeho zákonitosti.

Dle Machové (2008) patří samotný růst dítěte k zásadním ukazatelům zdravotního stavu. Proto je důležité pravidelně sledovat měřitelné změny růstu. Zjištěné hodnoty mohou určit, zda se jedná o harmonický, proporcionální, disharmonický nebo disproporcionální růst. Rychlost a míra růstu se však s věkem výrazně mění.

Na růst a vývoj má zásadní vliv řada faktorů. Jak uvádí Sedlak, Riedlová, Vignerová, Paulová a Bláha (2014), růst je komplexním procesem, v němž se spojuje vliv faktorů prostředí a genetická růstová dispozice. Na správný vývoj jedince tak kromě genetické výbavy mají vliv i životní podmínky, kterým je vystaven. Vysokou proměnlivost hodnot tělesných rozměrů u dětí z různých zemí udávají zejména rozdílné socio-ekonomické podmínky a zvyklosti dané kultury, kam patří například i stravovací návyky. V celosvětovém průměru dosahuje variabilita (daná rozdílnými podmínkami vývoje) u tělesné výšky 12 % a u hmotnosti 30 %.

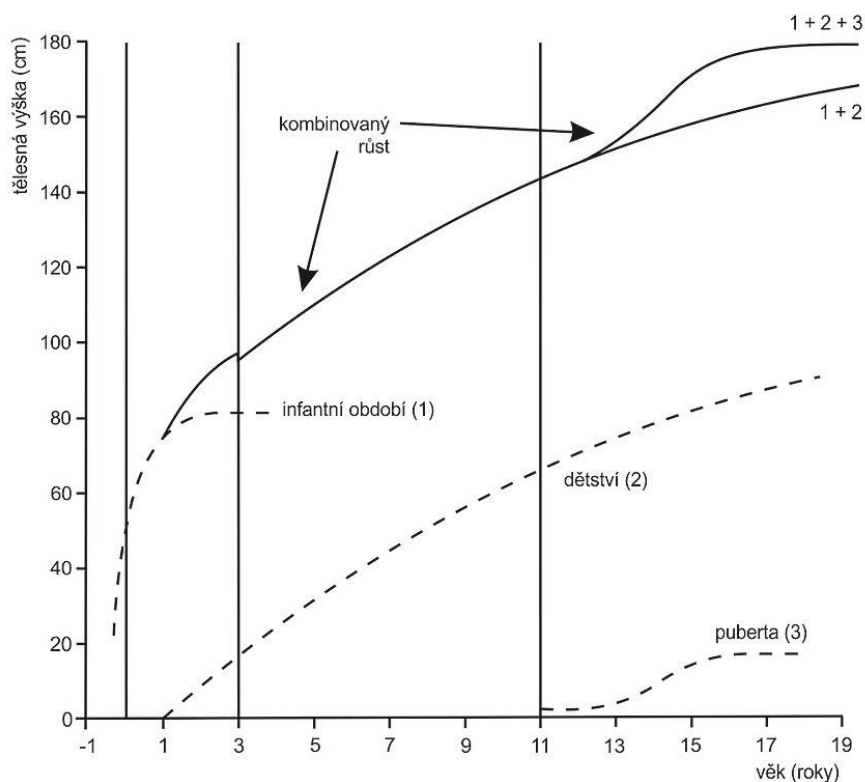
Právě posouzení růstu je nejjednodušším způsobem, jak určit zdravotní a výživovou životní úroveň dítěte. Protože poruchy v oblasti zdraví a výživy (bez ohledu na jejich původ nebo příčinu) trvale ovlivňují růst a vývoj dítěte. Většinou jsou problémy se zdravím a výživou (zejména u sociálně slabých populací) spojovány s nedostatečným příjmem potravy nebo opakovanými nákazami nejrůznějšími chorobami. Tyto podmínky jsou zase úzce

navázány na obecné životní standardy a na to, zda jsou dané populace schopny naplňovat svoje základní potřeby. Proto posouzení růstu neslouží pouze pro hodnocení dětí, ale také poskytuje nepřímé měření kvality života celé populace (Monteiro, de Onis, Akre, & Clugston, 1993).

### 2.3.1 Růstová křivka

Tělesná výška je nejpoužívanějším ukazatelem pro posouzení růstu. Zaznamenáváním hodnot naměřených v průběhu vývoje od narození až po období dospělosti lze získat růstovou křivku. Růst má geneticky podmíněný cíl. Při chronickém onemocnění, hladovění či hormonální nerovnováze dochází ke zpomalení růstu. Pokud však dojde k odstranění příčiny, nastává akcelerovaný růst, kdy se dítě vrátí do původní geneticky determinované dráhy růstové křivky (tzv. catch-up růst). Catch-up růst je limitovaný pubertou, s jejímž nástupem zaniká. Opakem catch-up růstu je lag-down růst, při němž se pozice na růstové křivce mění směrem dolů. V průběhu prvních dvou let života dítěte jsou oba typy růstu (catch-up, lag-down) považovány za normální a fyziologické; později však již mohou být signálem pro růstové poruchy (Lebl & Krásničanová, 1996).

Švédský auxolog Karlberg matematicky rozložil růstovou křivku do tří oddělených, aditivních a částečně se vzájemně překrývajících komponent (infantilní, dětská a pubertální). *Infantilní komponenta* (označovaná I - Infancy) zahrnuje druhou část nitroděložního života a představuje poporodní příspěvek fetálního růstu. Doznívá mezi třetím až čtvrtým rokem života, kdy nastupuje *dětská komponenta* růstu (značená C – Childhood). Ta u zdravých dětí začíná ještě před ukončením prvního roku a s postupně zpomalujícím tempem trvá až do zastavení tělesného růstu. Poslední *pubertální komponenta* růstu (P – Puberty) představuje období přídatného růstu způsobeného pubertou. Až do věku nejvyšší růstové rychlosti se postupně zrychluje, pak zpomaluje (Lebl, Provazník, & Hejmanová, 2003). Karlbergův růstový ICP model s překrývajícími se komponentami představuje Obrázek 2.



Obrázek 2. Karlbergův ICP model růstu (upraveno dle Lebl, Provazník, & Hejčmanová, 2003)

Všechny 3 komponenty (I, C, P) jsou hormonálně podmíněny, každá však pomocí jiných hormonů. V infantilní komponentě dominuje tzv. inzulinu podobný růstový faktor I (insuline-like growth factor I - IGF-I). C komponenta je charakteristická převažujícím vlivem růstového hormonu (stále má však ještě vliv i IGF-I). V poslední pubertální komponentě se zapojuje i působení pohlavních hormonů (Lebl, Provazník, & Hejčmanová, 2003).

### 2.3.2 Růstová rychlost

Pokud budeme u jedince opakovaně měřit tělesnou výšku, tak můžeme zhodnotit růstové tempo a vypočítat růstovou rychlost. Ta variuje v rámci věku a pohlaví. Růstovou rychlost (v cm za rok) lze určit tak, že rozdíl mezi dvěma po sobě změřenými hodnotami se vydělí počtem měsíců, které mezi těmito dvěma měřeními uplynuly. Výsledek se následně vynásobí dvanácti (počet kalendářních měsíců v jednom roce). Hodnota růstové rychlosti je spolu s absolutní hodnotou tělesné výšky předpokladem pro posouzení růstu dítěte (Lebl & Krásničanová, 1996).

### 2.3.3 Růstové percentilové grafy

Aby bylo možné posoudit, zda vývoj tělesných charakteristik odpovídá věku dítěte a zda probíhá proporčně, je potřeba vztáhnout somatické rozměry k referenčním údajům dané

populace. Nejčastěji používanou formou jsou percentilové grafy. Růstové grafy základních tělesných proporcí jsou nedílnou součástí každodenní práce dětských lékařů a jsou využívány i v klinické praxi (např. při léčbě poruch růstu, obezity, v endokrinologii, chirurgii atd.) (Vignerová, Riedlová, Bláha, Kobzová, Krejčovský, Brabec, & Hrušková, 2006).

Pokud dítě žije v podmínkách, v kterých může být rozvinut jeho genetický potenciál (dostatečná zdravotní péče, vhodná výživa a sociálně-ekonomické podmínky), tak bude jeho fyzický růst a vývoj probíhat v souladu s referenčními údaji doporučenými pro danou věkovou skupinu. Naměřené hodnoty jsou do grafu zaznamenány v podobě bodů. Pro lepší představu se obvykle body propojí spojnicí. Ta pro měřené dítě představuje individuální růstovou křivku (Vignerová et al., 2006).

V percentilových grafech se využívá grafického zobrazení hodnot hlavních percentilů referenční populace. „Hodnota daného percentilu znamená, že dané procento referenční populace dosáhne této hodnoty tělesné charakteristiky a hodnot nižších (Vignerová & Bláha, 2001, 12).“ Odchytky v hodnotách jednotlivců od předpokládaného průběhu mohou být signálem některých poruch růstu nebo jiného závažného onemocnění (Vignerová & Bláha, 2001).

V percentilových grafech jsou obvykle znázorněny linie, jež korespondují s hodnotami 3., 10., 20., 50., 75., 90. a 97. percentilu pro danou věkovou skupinu referenčních údajů. Prostřední silná čára všech růstových grafů (tj. 50. percentil) většinou představuje střední hodnotu tělesného znaku (v rámci referenční populace). O průměr se však jedná pouze u tělesné výšky a dalších znaků s tzv. normálním rozdělením četností (běžně jde o délkové rozměry). V případě znaků, které symetrické rozdělení četností okolo 50. percentilu nemají, si střední hodnota a průměr neodpovídají. Čím více jsou další čáry vzdálené od střední čáry, tím více jsou jejich hodnoty extrémější. Hodnoty od 50. percentilu směrem nahoru odpovídají hodnotám vyšším, než je střední hodnota zvolené populace pro daný věk; hodnoty směrem dolů odpovídají hodnotám nižším než je střední hodnota (Vignerová et al., 2006).

### ***Tělesná výška***

Percentilové růstové grafy vymezují mezi 3. a 97. percentilem pásmo, tzv. širší normu růstu. U výšky se v rozmezí těchto krajních křivek nachází 94 % zjištěných hodnot parametrů dětí v daném věku. Mezi 25. a 75. percentilem se pak nachází 50 % všech hodnot – tvoří tak pásmo střední tělesné výšky. Nad 75. percentilem se děti posuzují jako vysoké; nad 90. percentilem jsou hodnoceny jako velmi vysoké. Naopak pod 25. percentilem jsou jedinci menší až malí, pod 10. percentilem dokonce velmi malí. 3 % jedinců z populace tak zůstávají v pásmu vysoce významného nadprůměru (výška nad 97. percentilem) a 3 % v pásmu vysoce

významného podprůměru (výška pod 3. percentilem). Tato pásma nezahrnují pouze děti s přirozenou variantou velmi vysoké/velmi malé postavy, ale i děti s růstovými poruchami (Lebl & Krásničanová, 1996). Percentilová pásma pro výšku jsou znázorněna v Tabulce 4.

Tabulka 4. Hodnocení tělesné výšky podle percentilových grafů (upraveno dle Vignerové et al., 2006)

Percentilové pásmo	Hodnocení
90 <	velmi vysoké
75 – 90	vysoké
25 – 75	střední
3 – 25	malé
< 3	velmi malé

Na obrázcích 3-5 jsou znázorněny možnosti průběhu individuálních křivek vzhledem k referenčním křivkám.



Obrázek 3. Průběh růstové křivky při rovnoměrném vývoji dané tělesné charakteristiky (upraveno dle Vignerová et al., 2006)



Obrázek 4. Průběh růstové křivky při zpomalení až zastavení růstu (upraveno dle Vignerová et al., 2006)



Obrázek 5. Průběh růstové křivky při zrychleném růstu (upraveno dle Vignerová et al., 2006)

Obrázek 3 představuje průběh křivky růstu při rovnoměrném vývoji zvolené tělesné charakteristiky. Na obrázku 4 je zobrazeno zpomalení nebo zastavení růstu daného rozměru, které může naznačovat např. růstovou poruchu (při posouzení hmotnosti v rámci redukční diety je tento stav v pořádku, dokonce žádoucí). Obrázek 5 znázorňuje markantní zvýšení hodnoty sledovaného parametru. V rámci tělesné výšky v období puberty se jedná o naprosto normální situaci, avšak u hmotnostně-výškového poměru nebo BMI je varující (Vignerová & Bláha, 2001).

Ovšem při srovnávání tělesné výšky konkrétního dětského jedince s hodnotami norem si nelze vystačit pouze s naměřenými údaji. Je nutné přihlídnout k dalším důležitým informacím, mezi které patří zejména tělesná výška rodičů. Pro posouzení přiměřenosti růstu dítěte s ohledem na tělesnou výšku rodičů (tedy s ohledem na dědičnou složku růstu) se využívají např. monogramy. Před jejich použitím je nutné zjistit, do kterého percentilového růstového pásma dítě patří, a jaká je stěrná výška rodičů. Ta se vypočítá ze součtu tělesných výšek otce a matky, jenž je následně vydělen dvěma (Vignerová & Bláha, 2001).

### **Hmotnostně-výškový poměr, BMI**

Při posuzování poměru výška – hmotnost se obecně používá tzv. Body Mass Index (BMI). U dětí a dospívající mládeže však mohou hodnoty v závislosti na věku kolísat. Zároveň BMI nevystihuje vždy nejlépe vztah mezi hmotností a tělesnou výškou (Vignerová & Bláha, 2001). Proto je vhodné pro děti od 5 do 10 let používat grafy srovnání hmotnosti k tělesné výšce a u starších dětí pak využít graf BMI (Vignerová et al., 2006).

Jedinci s hodnotami hmotnosti k tělesné výšce nebo BMI pohybujícími se v rozsahu 75. až 90. percentilu jsou řazeni do skupiny jedinců ve zvýšenou hmotností. Hodnoty nacházející se těsně nad a pod 90. percentilem již znamenají hraniční obezitu, spojenou s enormním rozvojem tukové složky. Při hodnotách nad 97. percentilem se již hovoří o jednoznačné obezitě. Naopak hodnoty pod 25. percentilem znamenají hmotnost sníženou; hodnoty pod 3. percentilem jsou velmi alarmující a žádají si prošetření příčin tak nízké hmotnosti. Jednou z velmi závažných příčin mohou být poruchy příjmu potravy. Zároveň je nutné u dospívajících chlapců zohlednit rozvoj svalové hmoty – nárůst hodnoty BMI proto nemusí nutně znamenat nárůst podílu tukové složky. Avšak při hodnotách BMI vyšších než 85. percentil je příhodné doplnit vyšetření o obsah tuku v těle (Vignerová et al., 2006).

Výše uvedená kritéria neplatí pro kojence, u nichž je tělesná hmotnost odvislá od způsobu výživy. Obecně je hmotnost kojených dětí nižší než hmotnost dětí dokrmovaných nebo úplně krmených umělou výživou (Vignerová & Bláha, 2001).

Rozdělení do percentilových pásem podle hmotnostně-výškového poměru a BMI představuje Tabulka 5.

Tabulka 5. Hodnocení BMI a hmotnosti k tělesné výšce podle percentilových grafů (upraveno dle Vignerová et al., 2006)

<b>Percentilové pásmo</b>	<b>Hodnocení</b>
97 <	obézní
90 – 97	nadměrná hmotnost
75 – 90	robustní
25 – 75	proporcionální
10 – 25	štíhlé
< 10	hubené

#### **2.3.4 Pohybová aktivita a růst a vývoj dítěte**

Vlivu pohybové aktivity na organismus člověka bylo již dříve věnováno mnoho pozornosti, ale závěry z analýzy vztahů vnitřních faktorů a vlivu pohybové činnosti na lidskou

zdatnost, funkce a tělesný rozvoj, jsou doposud útržkovité a zahrnují jen některá věková období (Riegerová et al., 2006).

Dostatek pohybové aktivity je jednou ze základních nutností pro správný vývoj organismu dítěte. V batolecím a předškolním věku spontánní pohyb zaplňuje téměř celý volný čas dítěte. Obvykle má trvání od několika sekund až po několik minut a liší se i svou intenzitou. Bohužel s rostoucím věkem ho postupně ubývá, ale často bývá doplněn nebo nahrazen pohybem řízeným. Tuto změnu lze v určité míře považovat za projev zrání. Rozsah výdaje energie v podobě pohybu (spontánního i řízeného) by neměl klesat. Příčiny poklesu mohou být zevní (nedostatek motivace nebo možností aktivního pohybu) a vnitřní (některé patologické stavy a somatické nebo psychické poruchy) (Máček & Radvanský, 2011).

Jednou z cest pro mladší děti, jak se zapojit do tělesné aktivity, je pomocí aktivní hry. Zapojení do aktivní hry je důležité nejen pro fyzické zdraví dětí, ale je i prospěšné pro rozvoj kognitivních funkcí, jakými jsou např. učení a pozornost, pro rozvoj sociálních dovedností a pozitivního vlivu (Sanders, Juvancic-Heltzel, Williamson, Roemmich, Feda, & Barkley, 2016).

Pohybová aktivita dětí vytváří podklad pro budoucí dobrý zdravotní stav v dospělém životě. Pohyb vede k optimálnímu vývoji pohybového aparátu, zvýšení výkonnosti oběhové soustavy a k vyšší citlivosti na inzulín. Tím se snižuje riziko vzniku obezity v průběhu dalšího dospívání, dyslipidemie a inzulínové rezistence. Avšak při intenzivním provádění sportu (hlavně vytrvalostního charakteru) se může objevit nebezpečí hypotalamicko-hypofyzární dysfunkce, jež zapříčiňuje opožděný nástup první menstruace u dívek (menarché), sekundární amenoreu (delší vynechání menstruace) a přechodné oslabení imunity (Máček & Radvanský, 2011).

Například pro kostní hmotu přináší tělesné cvičení důležité výhody. Pohybová aktivita zajišťuje zdraví kostí a brání snižování jejich minerální hustoty; naopak může kosti s nízkou hustotou posílit. Proto pro zlepšení kostního přírůstku, kostní struktury a trámčité mikrostruktury během růstu, musí být cvičení alespoň o minimální intenzitě a délce trvání, aby nastal osteogenní účinek. Kromě toho cvičení, které zahrnuje dopady, mechanické zatížení, spouští modelaci kostí a remodelační procesy a zajišťuje adaptace ve struktuře a trámčité mikrostruktury a přírůstky minerálního obsahu kostí a minerální hustoty kostí (Julián-Almarcequi, Gómez-Cabello, Huybrechts, González-Agüero, Kaufman, Casajús, & Vicente-Rodríguez, 2015).

Pohybová aktivita má dále zásadní vliv při regulaci a udržování tělesné hmotnosti, a to i u dětí. Při pravidelné zátěži dochází ke zvýšení tukuprosté hmoty a naopak ke snížení



tukové složky, kdy vůbec nemusí dojít ke změně celkové hmotnosti těla (Riegerová et al., 2006).

V předškolním věku je doba bdění ze 70-80 % vyplněna aktivním pohybem, kdy převažují hry. Dítě si podvědomě samo reguluje a střídá intenzitu a délku trvání jednotlivých aktivit. S postupem času se zaměřují určitým směrem, podle motivace získávají určitý obsah; stále převažují hry ve volném terénu, které doplňují běhy s již daným cílem, lezení, jízda na kole, v zimě pohyb na ledu a sněhu. Zmíněné aktivity děti provozují většinou neorganizovaně, proto mají výhodu venkovské děti, které mají více možností pro jejich realizaci. Městským dětem je potřeba pomáhat ve využívání možností pro organizované i spontánní pohybové aktivity (Máček & Radvanský, 2011).

## **2.4 Složení lidského těla**

V průběhu sledování velkých populačních skupin (ale i jednotlivců) se často ukazuje, že nejnázve změřitelné údaje (tělesná výška, hmotnost a další běžné antropometrické parametry) nedostatečně informují o tělesném složení pozorovaného jedince. Například pokud u dvou porovnávaných osob budou hmotnost i výška stejné, může se u jedné z nich část tělesné hmoty skládat z tkáně tvořené zmnoženým tukem a u druhé může převažovat např. svalstvo (Kopecký, Cymek, Matějovičová, & Charamza, 2013).

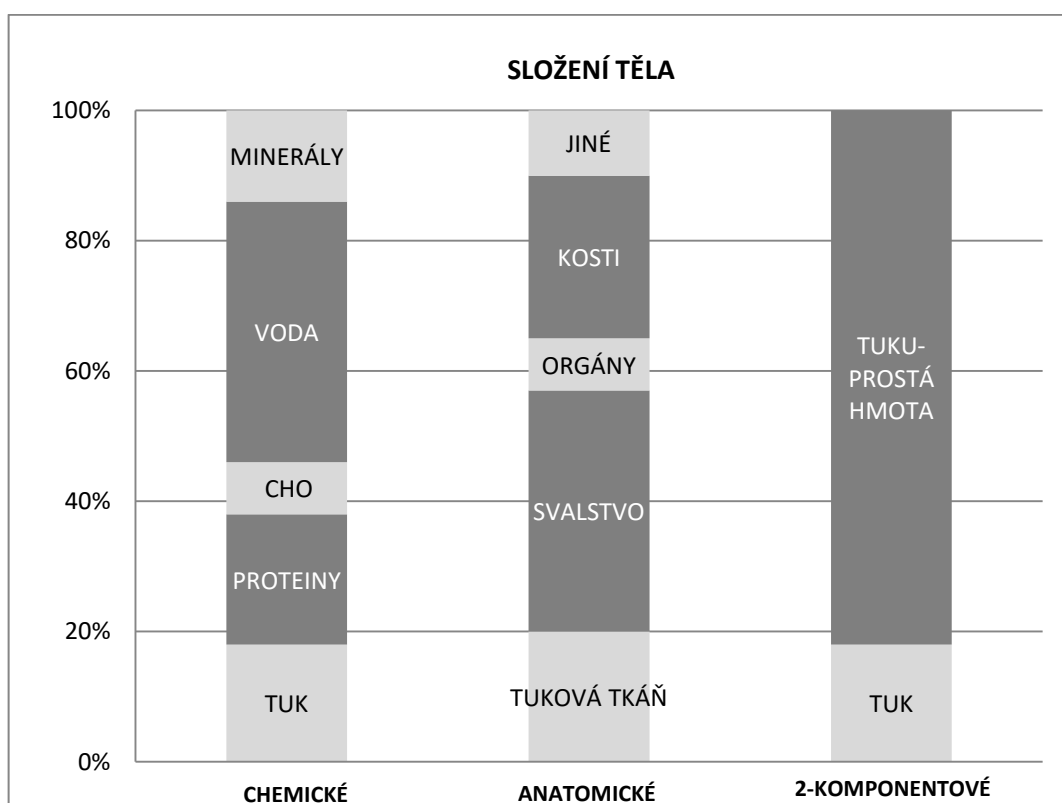
Proto je tělesná hmotnost považována za velmi složitou veličinu. Sama o sobě nepodává dostatek informací o hmotnosti svalstva, kostry, tukové tkáně a hmotnosti vnitřních orgánů. Zjištění jednotlivých složek je důležité nejen z morfologického a chemického hlediska, ale i hlediska biologické aktivity. Zároveň informuje o aktuální zdravotní situaci a o úrovni výživy (Kopecký et al., 2013).

Analýza tělesného složení je neoddělitelnou částí mnoha disciplín, které se nachází na pomezí biologie a lékařství. Například souvislostmi mezi tělesným složením a tělesnými rozměry se zabývá sportovní antropologie, která zkoumá morfologické a funkční podmínky lidského pohybu. Stejně oblasti se věnuje funkční antropologie, jež popisuje a posuzuje tělesnou stavbu a proporcionalitu. Složení těla je propojeno s celou řadou dalších oblastí, jako jsou například výživa, kinantropologie, sportovní lékařství, biomechanika a ostatní klinické disciplíny (Malá, Malý, Zahálka, & Bunc, 2014).

Na tělesné složení mají výrazný vliv genetické předpoklady, do konečné podoby je však formováno exogenními faktory, kam řadíme pohybovou aktivitu, výživové podmínky a celkový zdravotní stav jedince (Riegerová et al., 2006).

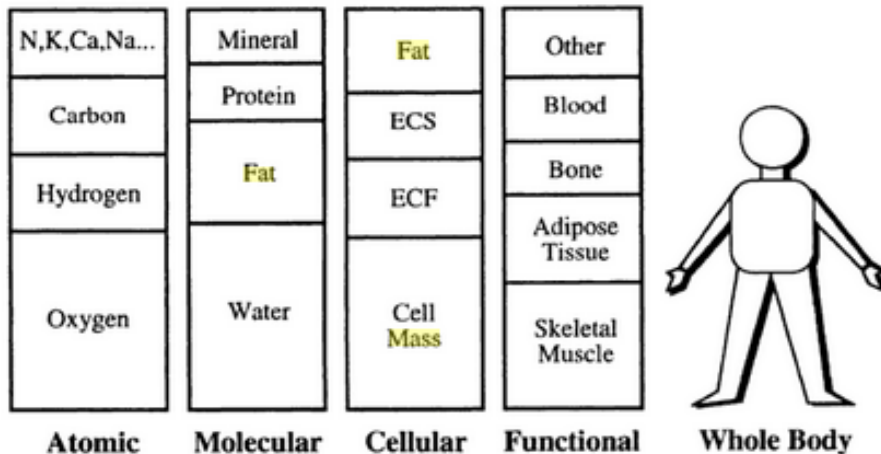
Studie, týkající se složení těla, se dále zaměřují na změny v podílu jednotlivých tělesných frakcí v různých etapách ontogenetického vývoje. Jedná se zejména o změny v době růstu a stárnutí a změny vyvolané působením tělesné zátěže a sportovního tréninku na lidský organismus. Ke změnám dochází také při některých metabolických onemocněních, klinických syndromech, u tělesně postižených pacientů a klientů s různými psychickými onemocněními (Riegerová et al., 2006).

Jednotlivé komponenty dohromady sestavují modely tělesného složení. Modelů je několik a každý pohlíží na tělo z trochu odlišného hlediska. Nejzákladnějšími typy jsou chemický a anatomický model. Chemicky se lidské tělo sestává z tuku, bílkovin, sacharidů, minerálů a vody. Mezi komponenty anatomického modelu patří tuková tkáň, svalstvo, kosti, vnitřní orgány a ostatní tkáně. Oba typy jsou znázorněny na Obrázku 6. Spolu s nimi je zobrazen i model dvoukomponentový, který zkoumá tělesné složení pouze z hlediska zastoupení 2 komponent – tukové a tukuprosté hmoty (Riegerová et al., 2006).



Obrázek 6. Chemický, anatomický a dvoukomponentový model složení těla (upraveno dle Riegerová et al, 2006).

Kromě těchto 3 základních modelů je v současné době složení těla chápáno a analyzováno na základě 5 základních úrovní, které jsou označovány opět jako modely (Walker, Watkins, & Duggan, 2003). Modely jsou přehledně znázorněny na obrázku 7:



Obrázek 7. Pět základních úrovní tělesného složení (upraveno dle Walkera et al., 2003)

### 2.4.1 Charakteristika komponent tělesného složení

V následující kapitole si stručně charakterizujeme základní komponenty tělesného složení.

#### Tukuprostá složka těla

Tukuprostá hmota (Fat-Free Mass - FFM) je jednou ze základních složek tělesné stavby. Také se pro ni někdy používá označení *štíhlá tělesná hmota* (Lean-Body Mass – LBM). Jedná se o součet všech tělních částí, které neobsahují tukovou tkáň. Tvoří ji přibližně ze 73 % voda, z 20 % bílkoviny, z 6 % minerály a z 1 % popel (Biodynamics, n. d.).

Riegerová et al. (2006) ve své publikaci definuje FFM jako heterogenní komponentu, v které se objevují složky kostry, svalstva a ostatní tkáně v různém poměru. Rozdílnost je dána věkem, pohybovou aktivitou a dalšími vnějšími i vnitřními faktory. Dále uvádí, že je tukuprostá hmota tvořena z 60 % svalstvem, z 25 % opěrnou a pojivovou tkání (kostní, chrupavčitá a vazivová tkáň) a z 15 % hmotností útrobních orgánů.

Svaly lidskému tělu poskytují schopnost pohybu. Umožňují přímou přeměnu chemické energie (rozklad ATP) na mechanickou energii (pohyb, práce a síla). Rozlišujeme tři základní typy svalové tkáně, které se mezi sebou liší mikroskopickou stavbou a nervovým řízením. Jsou to kosterní, srdeční a hladká svalovina (Shahinpoor, Kim, & Mojarrad, 2007).

Kromě celkového množství svalové tkáně je důležitým kritériem pro hodnocení vývoje i rozložení svalů na těle. U novorozence se 40 % hmotnosti svalů koncentruje v oblasti trupu, u dospělého pak už jen 25-30 %. Podíl svalstva na dolních končetinách se z novorozeneckých 40 % postupně zvyšuje až na 55 % v dospělosti. V průběhu celého ontogenetického vývoje

se skoro vůbec nemění podíl svalstva na horních končetinách – zůstává okolo 18-20 % z celkové muskulatury (Riegerová et al., 2006).

### **Tuková složka těla**

Tuková tkáň je z pohledu změn tělesného složení v průběhu ontogeneze nejvariabilnější komponentou. Dá se snadno ovlivnit výživou a pohybovou aktivitou. Má velký vliv na vznik, rozvoj a průběh celé řady onemocnění (Riegerová et al., 2006).

Tělesný tuk však nesmí být považován pouze jako negativum. Je životně důležitý pro správnou činnost lidského těla. Mezi jeho hlavní funkce patří ochrana útrobních orgánů, udržování optimální tělesné teploty, dodávání pružnosti kloubům a správné nakládání s vitamíny. Další důležitou funkcí je tvorba energetických zásob, protože lipidy (z nichž je tuková tkáň složena) jsou z hlediska množství energie nejbohatší (Ganong, 2005). Lipidy jsou důležité pro správné fungování organismu. Vyskytují se jako součást nervů, mozku, míchy, tvoří i jednu ze základních složek buněčné membrány (Clark, 2014).

Nadbytek tělesného tuku může vyvolat srdeční onemocnění, hypertenzi nebo diabetes mellitus. Nejnebezpečnějším se jeví útrobní, orgánový tuk, protože obklopuje a chrání orgány uvnitř těla v oblasti břišní a hrudní dutiny. Představuje největší riziko zejména tím, že není vidět, a jeho následky se mohou projevit až velmi pozdě (Ganong, 2005).

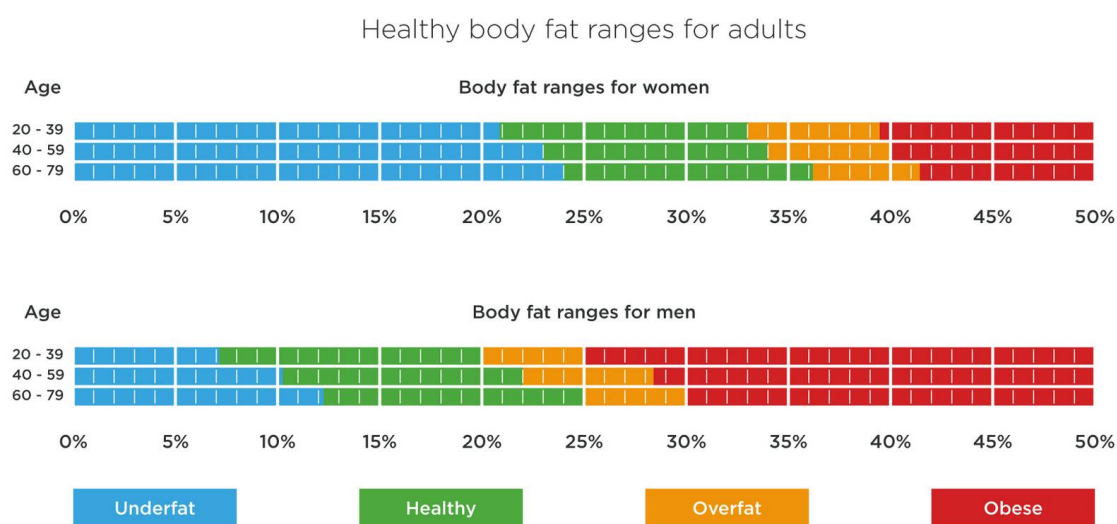
Kromě vnitřního tuku nalezneme v těle ještě dva další typy tukové tkáně. Prvním je externí tuk, který se ukládá v podkožní vrstvě. Vytváří tak ochrannou vrstvu, jež chrání tělo před chladem. Pojmeme nezbytný (esenciální) tuk označujeme minimální hodnotu množství tuku nutnou pro správné fungování těla. Obecně ho mají ženy (12 %) více než muži (4 %). V ženském těle funguje enzym, který způsobuje ukládání tuku především do partií boků, stehů a prsou, protože z těchto oblastí je okamžitě využitelný pro výživu dítěte při případném těhotenství (Clark, 2014).

Pro lidský organismus je nebezpečím jak vysoké, tak i příliš nízké množství podkožní tukové vrstvy. Jak už je popsáno výše, určité množství tuku je nezbytné pro udržení základních fyziologických procesů. Tudiž nízká masa podkožního tuku přináší zdravotní nebezpečí v podobně různých dysfunkcí. Naopak vysoké množství tuku v podkoží bývá obvykle spojováno s výskytem obezity, která způsobuje zdravotní komplikace. Iniciuje vznik tělesně i společensky handicapované osoby. Nadváha a obezita jsou charakteristické odlišným lipidovým profilem, sníženou schopností tkání reagovat na inzulín, a hypertenzí (Riegerová et al., 2006).

Rozmezí hodnot zdravého množství tělesného tuku je odlišné pro muže a pro ženy. Například Heyward a Wagner (2004) ve své publikaci udávají jako minimální hodnotu

procentuálního zastoupení tuku u mužů ve věku 18-34 let 8 %, jako maximální hodnotu 22 %. Pro stejnou věkovou kategorii žen je minimem 20 % a maximem 35 %. Hodnoty nad maximem jsou již označovány jako obezita. U starší skupiny (35-55 let) dochází k mírnému posunu – pro muže je u minima nárůst 2% (z 8 % na 10 %), u maxima 3% (z 22 % na 25 %); u žen je nárůst maxima stejný (z 35 % na 38 %), ale u minima je 5% (z 20 % na 25 %). Z toho vyplývá, že procentuální množství tělesného tuku s přibývajícím věkem roste; děje se tak na úkor tukuprosté hmoty, která naopak s věkem klesá.

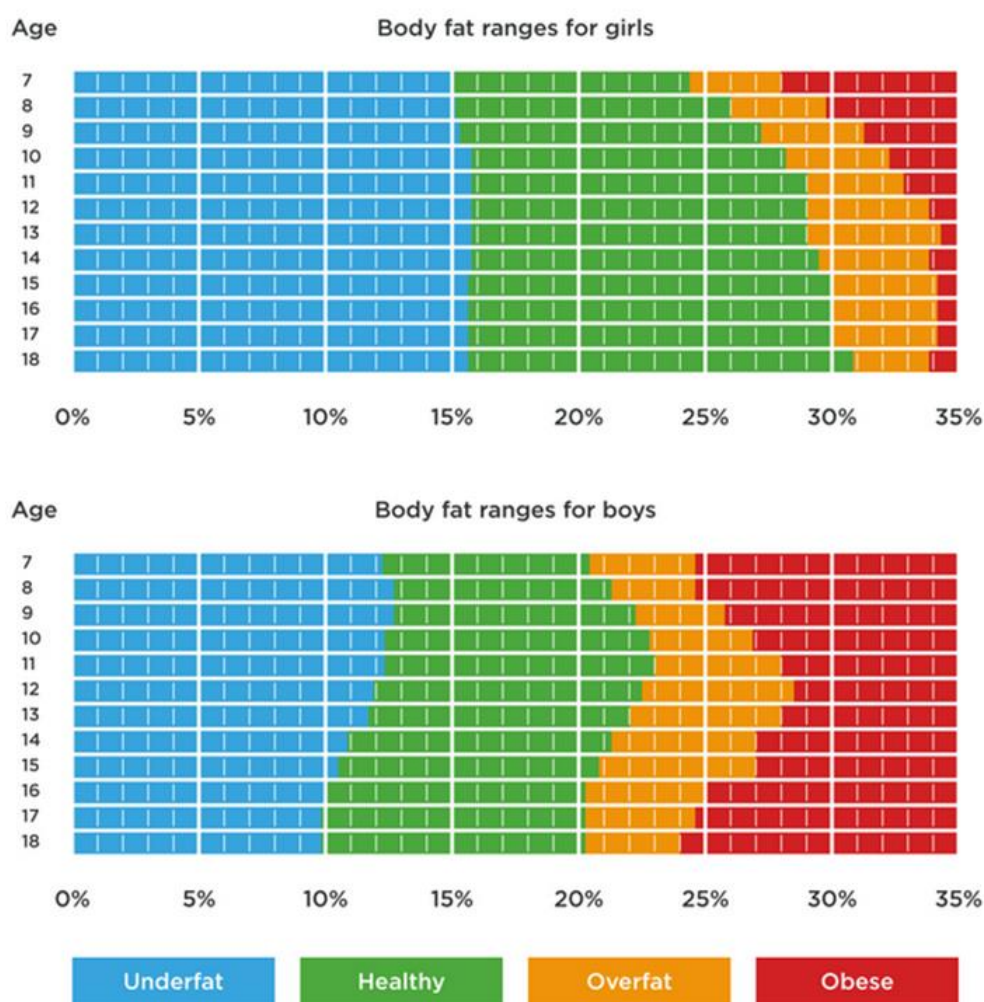
Na oficiálních internetových stránkách Tanity (Tanita, n. d.) je umístěný obrázek s přehledným rozdělením hodnot tělesného tuku v různých věkových kategoriích u obou pohlaví (Obrázek 8). Dále zde nalezneme doporučené hodnoty množství tukové složky pro dětskou populaci (Obrázek 9).



Obrázek 8. Doporučené průměrné hodnoty zastoupení tukové složky s absencí zdravotního rizika u dospělých (upraveno dle Tanita, n. d., retrieved 20. 4. 2016 from World Wide Web: <http://tanita.eu/help-guides/understanding-measurements>)

*Vysvětlivky: ženy nahoře; modrá barva – nízké množství tělesného tuku; zelená – zdravé množství tělesného tuku; oranžová – zvýšené množství tělesného tuku; červená – obezita.*

## Healthy body fat ranges for children



Obrázek 9. Doporučené průměrné hodnoty zastoupení tukové složky s absencí zdravotního rizika u dívek a chlapců (upraveno dle Tanita, n. d., retrieved 20. 4. 2016 from World Wide Web: <http://tanita.eu/help-guides/understanding-measurements>)

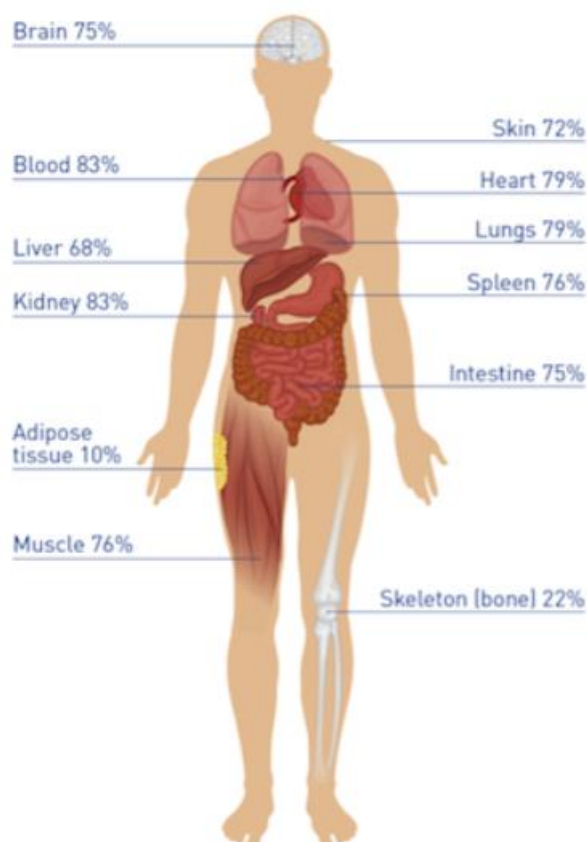
Vysvětlivky: dívky nahoře; modrá barva – nízké množství tělesného tuku; zelená – zdravé množství tělesného tuku; oranžová – zvýšené množství tělesného tuku; červená – obezita.

Za nadměrné ukládání tuku a tím i za nárůst tukové hmoty je nejčastěji zodpovědná nerovnováha mezi energetickým příjmem a výdejem (příjem > výdej). Dokonce u obezity se jako nejdůležitější příčina udávalo přejídání (Pařízková & Lisá, 2007). Jako další, avšak méně časté, příčiny obezity udává Machová (2008) genetické předpoklady nebo hormonální nerovnováhu způsobenou poruchami žláz s vnitřní sekrecí.

### Celková tělesná voda (TBW – Total Body Water)

Voda je nejdůležitější složkou lidského těla. Pro život je nezbytná, protože bez vody lidský organismus přežije pouze pár dní. U mužů představuje v průměru 60 % tělesné

hmotnosti, u žen 50-55 %. Je rozšířena v celém těle – v každém orgánu, uvnitř buněk i mezi nimi (Hydratation for Health, n. d.). Obsah vody v jednotlivých orgánech a tělesných tkání znázorňuje Obrázek 10. Vyplývá z něj, že nejvíce vody je obsaženo v krvi a v ledvinách (83 %); naopak nejméně se jí nachází v tukové tkáni (10 %), s čímž jsou spojeny fyzikální vlastnosti tuku (špatná elektrická vodivost).



Obrázek 10. Obsah vody (%) v jednotlivých orgánech a tkáních (upraveno dle Water for Health, n. d.. Retrived 22. 4. 2016 from World Wibe Web: <http://www.h4hinitiative.com/book/print/68>

Voda je vstupním i výsledným produktem velkého množství biochemických reakcí, funguje jako rozpouštědlo, umožňuje transportu látek, vyrovnává tělesnou teplotu, ochlazuje apod. Buňkám poskytuje podobně stálé prostředí, jaké bylo v pramoci, kde žili první prvoci (Silbernagl & Despopoulos, 2004).

Množství tělesné vody závisí na věku, pohlavní a tělesné hmotnosti. S rostoucím věkem její celkové množství klesá. Zatímco u kojence se průměrná hodnota pohybuje kolem 80-85 %, u dospělé ženy jen kolem 53 %. K rozdílu v podílu celkové tělesné vody mezi pohlavími

dochází až v období po pubertě, kdy se u chlapců zvyšuje a u dívek naopak snižuje (Riegerová et al., 2006).

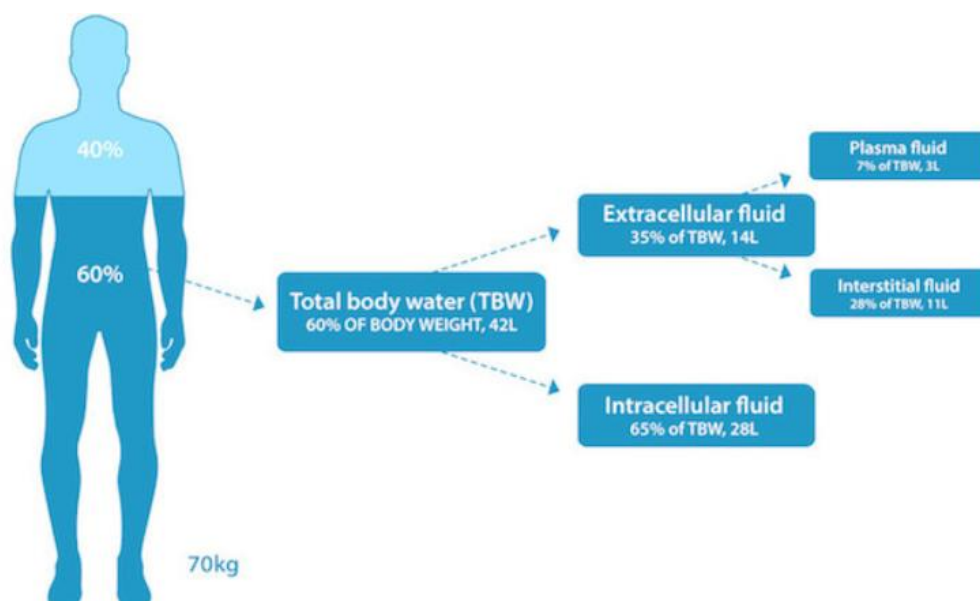
Voda v lidském těle se vyskytuje ve dvou hlavních podobách: intracelulární (nitrobuněčná) a extracelulární (mimobuněčná). U mladého dospělého muže jsou dvě třetiny celkové tělesné vody tvořeny intracelulární vodou a z jedné třetiny vodou extracelulární. Oba dva typy tělesné vody se liší ve složení jejich elektrolytu. Jejich osmolality (celkové koncentrace rozpuštěných látek) jsou však za normálních podmínek stejné, což je možné díky vysoké propustnosti pro vodu, kterou má většina stěn buněk, takže osmotický rozdíl mezi buňkami a extracelulární tekutinou rapidně mizí (Rhoades & Bell, 2009).

Extracelulární tekutinu lze dále rozdělit na dva výrazné pododdíly, které jsou od sebe odděleny stěnou cév. Krevní plazma se nachází uvnitř cévního systému a tvoří okolo jedné čtvrtiny z celkového množství mimobuněčné vody. Zbylé tři čtvrtiny jsou složeny z intersticiální (vmezerené) tekutiny a lymfy, které jsou považovány za jeden celek, protože není lehké je rozlišit. Intersticiální tekutina přímo omývá většinu tělních buněk; lymfa je tekutinou uvnitř lymfatických cév. Všechny tři typy extracelulární tekutiny jsou ve složení látek téměř identické, kromě vyšší koncentrace bílkovin v plazmě (Rhoades & Bell, 2009).

Rhoades a Bell (2009) dále uvádí, že existuje další, přídavná, složka extracelulární tekutiny, tzv. *transbuněčná tekutina*, která tvoří okolo 1-3 % tělesné hmotnosti. Patří sem mozkomíšní mok, komorová voda očí, sekrety trávicího traktu a přidružených orgánů (sliny, žluč, pankreatická šťáva), tekutina uvnitř renálních tubulů a moč v močovém měchýři, synoviální tekutina a pot. V těchto případech je pak tekutina oddělena od krevní plazmy stěnou cév i dalšími vrstvami epitelů, díky čemuž mají jiné zastoupení iontů.

Obrázek 11 představuje rozdělení celkové tělesné vody do jednotlivých oddílů.





Obrázek 11. Rozdělení celkové tělesné vody do jednotlivých oddílů (upraveno dle Water for Health, n. d.) Retrived 20. 4. 2016 from World Wide Web: <http://www.h4hinitiative.com/book/print/68>

*Vysvětlivky: TBW – celková tělesná voda; Extracellular fluid – mimobuněčná tekutina; Intracellular fluid – nitrobuněčná tekutina; Plasma fluid – plazma, Inetrsticial fluid – vmezeřená tekutina*

### **Extracelulární hmota (ECM) a buněčná hmota (BCM)**

Mimobuněčná hmota (ECM) se dá charakterizovat jako součet všech mimobuněčných struktur. Spadá sem extracelulární tekutina (ECW) a extracelulární pevné látky (ECS). Buněčná hmota (Body-Cell Mass) je součtem hmotností všech buněk, které využívají kyslík (Heyward & Wagner, 2004).

Pokud hodnoty dáme do vzájemného poměru (ECM/BCM), získáme index, který je důležitým parametrem pro hodnocení úrovně výživy jedince. Optimem je hodnota indexu 0,7-0,8. Čím je hodnota nižší, tím má jedinec více tukuprosté hmoty, kterou může využít pro pohyb. U žen je index obecně vyšší než u mužů. Je rozdíl i mezi trénovaným a netrénovaným jedincem – v případě trénovaného je hodnota nižší (dáno větším množstvím tukuprosté hmoty ve formě svalů). Pokud však hodnota indexu překročí 1,0, je schopnost využívat pro svalovou práci tukuprostou hmotu nízká (Riegerová et al., 2006).

V průběhu ontogeneze má index ECM/BCM parabolický průběh. Do konce puberty jeho hodnoty klesají a tím se zlepšují podmínky a předpoklady tělesné práce. Stagnace nastává v době středního věku; následně s rostoucím věkem hodnota vzrůstá – dochází ke zhoršení morfologických předpokladů pro pohybové zatížení (Riegerová et al., 2006).

### **2.4.2 Metody stanovení tělesného složení**

V praxi existuje celá řada metod pro posouzení tělesného složení a to jak laboratorních, tak i terénních. V současné době se u živých jedinců používají metody nepřímé, které jsou založeny na měření hodnot, jako jsou hustota těla nebo celkové množství tělesné vody (Riegerová et al., 2006).

Tělesné složení může být například hodnoceno z hlediska dvou hlavních složek – depotního tuku a aktivní (tukuprosté) tělesné hmoty. Dalšími možnostmi jsou hodnocení organismu z hlediska zastoupených jednotlivých tkání, orgánů, z hlediska množství vody, bílkovin, minerálů nebo základních prvků apod. Jedněmi z rozhodujících faktorů jsou požadovaná přesnost, dosažitelnost potřebných přístrojů, přijatelnost použitých postupů pro zkoumané subjekty, nutnost přítomnosti vyškoleného personálu, finanční náročnost atd. (Pařízková & Lisá, 2007).

V následujícím textu si přiblížíme několik základních metod stanovení tělesného složení.

#### **Bioelektrická impedanční analýza**

Bioelektrická impedance (zkráceně BIA) je jednou z běžných metod používaných pro stanovení tělesného složení. Po příchodu prvních komerčně dostupných zařízení v polovině 80. let 20. století se metoda stala oblíbenou pro své jednoduché použití, pro možnost snadného přemístění měřicího zařízení, a pro svou relativně nízkou cenu (v porovnání s ostatními metodami analýzy tělesného složení) (Mohammadi & Shakerian, 2010).

Princip metody tkví v rozdílném šíření slabého elektrického proudu v různých tělních strukturách. Tukuprostá hmota je díky vysokému podílu vody a elektrolytů dobrým vodičem, naopak tuková tkáň se chová jako elektrický izolátor. Konstantní střídavý proud o nízké intenzitě vyvolává impedanci proti šíření proudu, která je závislá na frekvenci, na délce a průřezu vodiče a na jeho konfiguraci. Hodnota odporu dané tkáně (= bioelektrická impedance) je nepřímo úměrná k objemu tkáně, níž prochází elektrický proud (Riegerová et al., 2006).

Elektrické odporové vlastnosti tkání představuje tabulka 6:

Tabulka 6. Odpor tkání (upraveno dle Hrazdira & Mornstein, 2001)

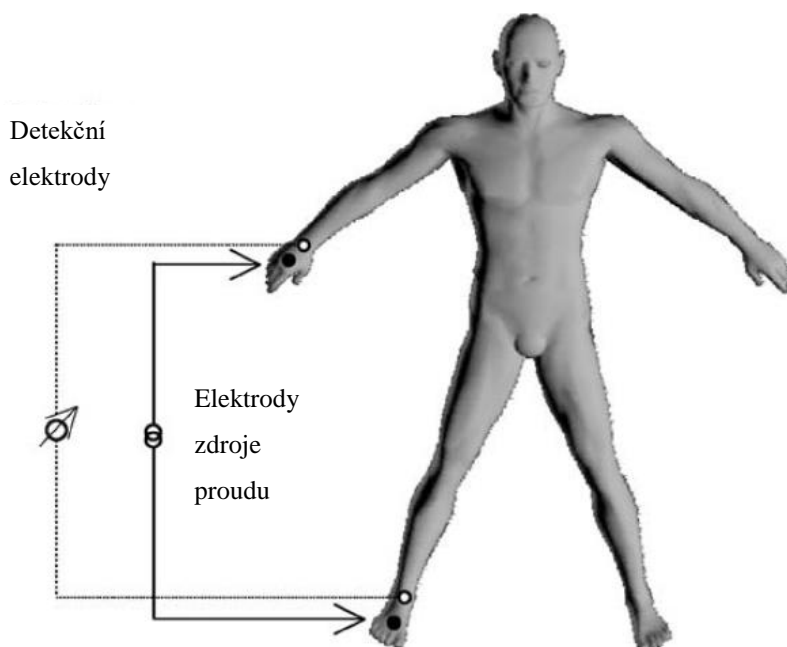
Část těla	Měrný odpor [ $\Omega \cdot m$ ]
Buněčná cytoplazma	1
Tělní tekutiny	0,8 – 0,3
Svalová hmota	3
Tuková hmota	10 – 5
Kostní tkáň	30

Díky výše popsaným rozdílným vlastnostem aktivní a tukové tkáně lze obecně konstatovat, že čím větší část těla zabírá tukuprostá hmota, tím je nižší odpor proti elektrickému proudu a menší jsou i hodnoty impedance (Malá et al., 2014).

Obecné principy bioelektrické impedance lze vysvětlit pomocí válcového modelu vztahu mezi impedancí a geometrií. Odpor (Resistance - R) homogenního vodivého materiálu (dané délky a průřezu) je úměrný jeho délce (Length - L) a nepřímo úměrný k průměru jeho průřezové plochy (Area - A). Přestože tělo nemá tvar uniformního válce a jeho vodivost není konstantní, lze stanovit empirický vztah mezi impedančním kvocientem ( $L^2/R$ ) a objemem vody obsahující elektrolyty, jež vedou tělem elektrický proud. V praxi lze snáze změřit výšku než vodivou délku (obvykle od zápěstí po kotník). Tudíž existuje empirický vztah mezi tukuprostou hmotou (ze 73 % tvořenou vodou) a výškou<sup>2</sup>/R. Vzhledem k tomu, že tělo není homogenní, musí být vztah výška<sup>2</sup>/R (jenž popisuje ekvivalentní válec) přizpůsoben skutečné geometrii pomocí vhodného koeficientu. Ten je odvislý od řady faktorů, mezi které patří anatomie zkoumaných tělních segmentů. Proto se objevují chyby. Příčinami mohou být změny v měrném odporu vodivého materiálu, odchylky v poměru výšky k vodivé délce a odchylky v tvaru těla a tělních segmentů. Ty se chovají jako propojené sériově za sebou, kdy kratší a silnější segmenty méně přispívají k celkovému odporu (Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Gómez, Heitmann, Kent-Smith, Melchior, Pirlich, Scharfetter, Schols, Pichard, 2004).

Pro využití při odborných studiích je vhodnější použít *tetrapolární přístroje*, které disponují 4 elektrodami. U ležící osoby jsou na dolní končetině umístěny dvě (hlavička 2. nártní kosti a mezi kotníky); zbylé dvě elektrody se nachází na končetině horní (hlavička 3. zápěstní kosti na hřbetu ruky a mezi kotníky). Umístění elektrod je znázorněno na obrázku 12. Pro komerční účely se využívá *bipolárních zařízení*. Bipolární analyzátoři se rozdělují do 2 skupin na ruční (elektrický proud prochází pouze v horní části těla) a bipedální (= nožní; proud je soustředěn pouze do dolní části těla) (Riegerová et al., 2006). Sigmund, Psotta a Agricola (2015) zkoumali, jak velký je rozdíl ve výstupech v zastoupení tělesného tuku při

použití metody BIA s celotělovým průnikem elektrického proudu a metody BIA s průnikem proudu pouze přes dolní končetiny u skupiny sportujících chlapců ve věku 7-18 let. Prokázali, že procentuální zastoupení tuku při použití bipedálního analyzátoru dosahuje signifikantně nižších hodnot než při použití celotělového analyzátoru, a to o 3,6 %. Typ analyzátoru i věk se projeví jako významné proměnné, které ovlivňují výsledky měření. Proto autoři doporučují pro výzkumné účely použít celotělové, tetrapolární bioimpedanční analyzátory.



Obrázek 12. Standardní umístění elektrod na hřbetu ruky a zápěstí a kotníku a nártu u tetrapolárního bioimpedančního analyzátoru (upraveno dle Kyle et al., 2004)

Protože je impedance závislá na velikosti těla, tělesné vodě a obsahu iontů, tak změna v jakémkoliv z těchto parametrů po jídle může vyústit v nepřesné měření tělesného složení. Konzumace potravin a nápojů, pohybem způsobená nerovnováha tělesných tekutin, teplota kůže a menstruační cyklus mohou mít vliv na přesnost bioimpedančních analýz (Androutsos, Gerasimidis, Reilly, & Edwards, 2015). Mezi obecná pravidla a doporučení patří například neužívání diuretické medikace v 7 dnech předcházejících měření, dodržení 4hodinového půstu, v 48 hodinách před nepožívání alkoholických nápojů, neprovozování intenzivní fyzické činnosti v rozmezí 24 hodin před měřením, a vymočení se maximálně 30 minut před (Guedes, 2013). Proto Androutsos et al. (2015) zkoumali, zda má konzumace nápojů a potravin nějaký vliv na měření tělesného složení pomocí bioelektrické impedance. Zjistili, že všechny hodnoty naměřené pomocí BIA se zvýšily během dvou hodin po jídle nebo pití. Pozorovaný efekt závisí na složení potravy. Avšak relativně nízký dopad konzumace jídla a pití na měření

by měl podpořit využívání BIA v klinických a dietetických praxích stejně jako i v rozsáhlých epidemiologických studiích.

Výrazné změny ve vodivosti elektrického proudu se mohou objevit v důsledku nošení těžkého oblečení a kovových prvků (náušnic, hodinek, náramků, prstýnků apod.) (Guedes, 2013).

BIA technologie může ovlivnit elektrickou aktivitu kardiostimulátorů a defibrilátorů. Proto by měli být pacienti s těmito zařízeními raději z měření vyloučeni (Guedes, 2013).

Guedes (2013) provedl srovnání bioimpedanční analýzy a jedním z antropometrických měření – měřením kožních řas. Ačkoliv je relativní predikční platnost metody měření tloušťky kožní řasy podobná jako u techniky BIA (pokud je prováděna v klinicky kontrolovaných podmínkách), zdá se být BIA atraktivnější metodou, protože nevyžaduje po pozorovateli žádné speciální technické dovednosti, pro subjekt je pohodlnější a méně invazivní. Může být použita pro posouzení tělesné stavby osob s nadváhou nebo obezitou. Přestože je měření kožních řas z hlediska pořizovacích nákladů mnohem výhodnější (vybavení nestojí tolik jako přístroje BIA, tedy by někdo mohl říct, že je jednodušší na používání a interpretaci v masovém měřítku), vyžaduje však vysoký stupeň trénovanosti ve správném stiskávání kožních řas. Navíc rozvoj svalů a množství tělesného tuku uloženého zejména v anatomických oblastech, kde jsou řasy měřené, mohou změnit konzistenci podkožní tkáně. Zvyšuje se tím riziko výskytu chyb měření.

Na rozdíl od bioelektrické impedance, která zkoumá množství celkového tuku (např. i kolem orgánů), se kaliperace zabývá pouze tukem v podkoží.

### **Měření kožních řas (kaliperace)**

Kaliperace je jednou z nejpoužívanějších metod. Je založena na principu, že množství podkožního tuku je proporcčně shodné s celkovým množstvím tukové hmoty. Protože existuje vztah mezi podkožním tukem a celkovým tělesným tukem, může být pro určení totálního tělesného tuku použit součet měření několika kožních řas (Riegerová et al., 2006).

Druhým předpokladem pro odhad podílu tukové tkáně pomocí kaliperace kožních řas je ten, že místa určená pro změření tloušťky kožních řas představují průměrnou tloušťku vrstvy podkožního tuku (Riegerová et al., 2006).

Kožní řasy jsou měřeny kaliperem na 14 místech pravé strany těla – na tváři, na krku, na hrudníku I a II, nad tricipsem, na zádech, na břiše, na boku, nad patellou, na lýtku I a II, nad bicipsem, na volární straně předloktí a na stehně (Riegerová et al., 2006). Ovšem jak uvádí Pařízková a Lisá (2007), může být na těle změřeno až 96 různých řas.

Vlastní měření však vyžaduje pečlivý nácvik a praxi. I u odborníků antropologů může chyba v měření být až 5 % (Riegerová et al., 2006).

Protože je rozložení tělesného tuku na povrchu těla nerovnoměrné (zejména u ženského pohlaví), tedy není stejnoměrné v různých lokalitách, je objektivnější použít metody, kdy je do výpočtu celkového tuku zahrnuto více kožních řas z různých oblastí těla (Pařízková & Lisá, 2007).

### **Matiegkova metoda**

Tato metoda umožňuje frakcionaci hmotnosti těla na podíl jednotlivých složek (hmotnost kostry, kosterního svalstva, kůže a podkožního tuku, zbytku). Zbytek se dopočítává nebo vypočítává. Jedná se o metodu neinvazivní, časově nenáročnou, terénně dostupnou a relativně levnou. Je vhodná pro populace dětí a adolescentů, dospělou populaci i pro subpopulaci obézních jedinců (Pařízková & Lisá, 2007).

Výpočty hodnot pomocí Matiegkových rovnic vychází ze čtyř vybraných kosterních parametrů, čtyř tělesných obvodů, tloušťky šesti kožních řas, čtyř šířkových rozměrů a z tělesné hmotnosti, výšky a povrchu těla (Pařízková & Lisá, 2007).

Rozdělení tělesné hmoty podle Matiegky (Riegerová et al., 2006):

$$\mathbf{H = O + D + M + Z}$$

H – hmotnost těla,

O – hmotnost kostry (ossa),

D – hmotnost kůže a podkožního tukového vaziva (derma),

M – hmotnost kosterního svalstva (musculi),

Z – zbytek.

### **Radiografie**

Z hlediska sledovaného účelu jsou metody radiografie považovány za nejpřesnější. Umožňují proměření příčného průřezu svalstva a kosti v místě snímku (Riegerová et al., 2006). Ovšem subjekt měření je při nich vystaven nežádoucímu rentgenovému záření, proto nejsou vhodné používat při hodnocení tělesného složení u dětí (Kopecký, Cymek, Matějovičová, & Charamza, 2013). Nejznámějším typem je výpočetní (nebo počítačová) tomografie (CT) (Pařízková & Lisá, 2007).

Ačkoliv je CT ze všech metod nejpřesnější, tak její obtížná dostupnost a vysoká cena neslibují širší využití (Riegerová et al., 2006).

Při radiografii lze detekovat, případně měřit přítomnost (a místní rozložení) zdrojů ionizujícího záření uvnitř daného objektu (např. lidského těla). Měří vlastnosti objektu při

ozáření pomocí vnějšího zdroje záření. Fyzikální projevy ozáření se zachycují na fotografických emulzích, stínítkách nebo elektronických snímačích (Velký lékařský slovník, 2016).

### **Ultrazvuk**

Principem ultrazvuku je poznatek, že zvukové vlny o vysoké frekvenci volně procházejí homogenními tkáněmi. Určitá část vysílané energie se však odráží od jakéhokoliv rozhraní mezi dvěma odlišnými tkáněmi (např. mezi tukovou a svalovou tkání). Odraz je pak přeměněn na elektrický signál (Pařízková & Lisá, 2007).

Tkáně se od sebe odlišují svými akustickými vlastnostmi. Odražená ultrazvuková energie („ozvěna“ přeměněná na elektrinu) je následně zobrazena na osciloskopu (Riegerová et al., 2006).

### **Infračervená interakce (NIRI – Near Infrared Interactance)**

Metoda infračervené interakce vychází z absorpce a odrazu infračervené části světelného spektra. Za tímto účelem se používá spektrofotometr, jenž pracuje ve vlnových délkách od 700 do 1100 nm. Měřená optická hustota odraženého záření je ovlivňována charakteristickými absorpčními vlastnostmi dané tkáně. Infračervená interakce je v dobrém souladu s hydrometrií (Pastucha et al., 2014).

### **Magnetická rezonance (MR)**

Magnetická rezonance se především využívá ke stanovení intraabdominálního (viscerálního, útrobního) tuku (Kopecký, Cymek, Matějovičová, & Charamza, 2013). Je založena na tom, že se atomová jádra chovají jako magnety. Přístroj vysílá silné magnetické pole, které usměrňuje pohyb iontů vodíku (jako součást vody je všudypřítomný). Pro lepší zvýraznění je možno použít kontrastních látek (Riegerová et al., 2006). Vychýlení jader atomů je dočasné, po přerušení vysílání radiových vln se vrací do své původní pozice a vysílají absorbovanou energii (tu lze měřit) (Pařízková & Lisá, 2007).

### **Hydrostatické vážení**

Tato metoda slouží pro zjišťování objemu těla. Vychází se z rozdílu hodnot tělesné hmotnosti, kdy první byla naměřena „na suchu“ a druhá pod vodou. Jednou z možných korekcí výsledku je denzita a teplota vody v okamžiku vážení. Pro vážení pod vodou se používá hydrostatická váha. Tělo je však pod vodou nadlehčováno vzduchem, který

se vyskytuje v plicích a dýchacích cestách. Proto je měření prováděno v maximálním výdechu. Výsledek je ještě upraven o objem reziduálního vzduchu (Pastucha et al., 2014).

### **Denzitometrie (hydrodenzitometrie)**

Celý princip denzitometrie je založen na Archimédově zákonu. Díky němu se zjišťuje denzita (hustota) organismu pomocí objemu těla vážením pod vodou, při současném nebo následném změření objemu vzduchu v dýchacích cestách a plicích (Pařízková & Lisá, 2007). Metoda zjišťuje, na základě změření těla na vzduchu a pod vodou, specifickou hmotnost těla a z ní následně i obsah tuku (Kopecký, Cymek, Matějovičová, & Charamza, 2013). Vzhledem k tomu, že principy patří k jednodušším, je denzitometrie považována za jednu z nejpřesnějších metod (Pařízková & Lisá, 2007).

Nevýhodou podvodního vážení je ponoření celého těla po plném výdechu, což může být problémem pro děti, starší nebo nemocné osoby; u velmi obézních jedinců je někdy takové ponoření dokonce nemožné. Dalším problémem může být (pro pacienty trpící klaustrofobií) uzavřený prostor vážicí nádrže (Malá, Malý, Zahálka, & Bunc, 2014).

Přepočítání tělesné denzity na množství tukové hmoty je hlavním nedostatkem denzitometrie. Problémem není hustota tukové tkáně, neboť její hodnota je značně stálá na různých místech těla (v rámci těla jednoho jednotlivce i mezi více jednotlivci). Avšak mezi různými jedinci se projevuje význačná variabilita v hustotě tukuprosté hmoty. Stanovení její hodnoty vychází z podmínek známých a neměnných hodnot denzity jejích dílčích komponent, včetně jejich stálého neproměnlivého poměru. V současné době je známo, že hustota beztukové hmoty u starších osob, dětí a žen je nižší, než je uváděná referenční hodnota; naopak je vyšší u černošského etnika (Riegerová et al., 2006).

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

DEXA je v dnešních dnech považována za jednu z nejpřesnějších metod, dokonce i za referenční metodu pro stanovení tělesného složení. Je spolehlivou metodou pro určení jak tělesného složení, tak i kostní hustoty ve vztahu k možné osteoporóze (Malá et al., 2014).

Metoda měří diferenciální zeslabení (ztenčení) dvou rentgenových paprsků, které prochází tělem. Při průběhu snímání odliší kostní minerály od měkkých tkání, které následně rozdělují na tukuprostou hmotu a tuk. Výsledkem je komplexní složení celého těla a jeho jednotlivých segmentů (Riegerová et al., 2006).



### **Celotělová elektrická vodivost (TOBEC – Total body electrical conductivity)**

TOBEC patří mezi relativně novější metody měření tělesného složení. Je založena na principu, že elektrická vodivost je přímo úměrná množství štíhlé (tukuprosté) hmoty v těle (Horswill, Geeseman, Boileau, Williams, Layman, & Massey, 1989). Pařízková a Lisá (2007, 77) uvádí další z principů metody TOBEC: „je-li živý organismus umístěn v elektromagnetickém poli, pak toto pole ruší.“ Rušení způsobuje masa elektrolytů, které obsahuje pouze aktivní, tukuprostá hmota. Díky adekvátní kalibraci lze takovou tkáň snadno odlišit od tukové tkáně.

### **2.4.3 Indexy tělesného složení**

Z výsledků měření parametrů tělesného lze odvodit celou řadu indexů. Mezi neznámější patří BCMI, BFMI a FFMI.

#### **Body-Cell Mass Index (BCMI – Index tělesné buněčné hmoty)**

Poměr množství aktivní buněčné hmoty a druhé mocniny tělesné výšky je označován body-cell mass index (BCMI). Můžeme z něj usuzovat tělesnou zdatnost jedince – zda je uvnitř jeho těla zastoupení jednotlivých komponent optimální nebo naopak neoptimální (Talluri, Liedtke, Mohamed, Maiolo, Martinoli, & De Lorenzo, 2003).

Doporučené hodnoty BCMI pro muže se pohybují v rozmezí 10,61 kg/m<sup>2</sup> (± 2,18 kg/m<sup>2</sup>), pro ženy 8,24 kg/m<sup>2</sup> (± 1,81 kg/m<sup>2</sup>) (Pastucha et al., 2014).

Pro výpočet indexu tělesné buněčné hmoty se vychází z rovnice:

$$\text{BCMI} = \text{buněčná hmota těla (kg)} / \text{výška}^2 \text{ (m}^2\text{)}.$$

#### **Body-Fat Mas Index (BFMI – Index tělesné tukové hmoty)**

BFMI se využívá pro posouzení množství tukové složky lidského těla. Opět je hodnota tělesného tuku (BFM) vztáhnuta k druhé mocnině tělesné výšky. V současné době se jeví jako index vhodný pro posuzování pacientů s nadváhou, protože oproti BMI počítá s množstvím tukové tkáně, která má oproti hmotnosti větší vypovídající hodnotu (vzhledem k nadváze u pacienta). Proto se pro obezitu také označuje jako index rizikovosti tělesného složení (Schutz, Kyle, & Pichard, 2002).

BFMI lze také považovat za index rizikovosti tělesného složení pro obezitu. Jako zdravotně bezpečné pásmo můžeme označit rozmezí 1,8-16,7 kg/m<sup>2</sup> pro muže a 3,9-8,1 kg/m<sup>2</sup> pro ženy (Pastucha et al., 2014).

Pro výpočet indexu tělesného tuku se vychází z rovnice:

$$\text{BFMI} = \text{tuková hmota (kg)} / \text{výška}^2 \text{ (m}^2\text{)}.$$

### **Fat-free Mass Index (FFMI – Index tukuprosté hmoty)**

FFMI se vztahuje k beztukové frakci těla. Získáme ho tak, že dáme tukuprostou tkáň do poměru s druhou mocninou výšky. Oproti BMI lépe vyjadřuje nižší nebo vyšší zastoupení svalstva, vyšší rozvoj svalové hmoty; případně může signalizovat na podvýživu jedince (Schutz, Kyle, & Pichard, 2002).

Optimální rozmezí FFMI se pohybuje mezi hodnotami 14,6 až 16,7 kg/m<sup>2</sup> (Pastucha et al., 2014).

Pro výpočet indexu tukuprosté hmoty se vychází z rovnice:

$$\text{FFMI} = \text{tukuprostá hmota (kg)} / \text{výška}^2 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Dalším indexem (avšak ne indexem tělesného složení), který se používá pro popis somatického stavu jedince, je BMI.

### **Body-Mass Index (BMI – Index tělesné hmotnosti)**

Stanovení BMI indexu je jednou z nejčastěji užívaných metod pro posouzení optimální tělesné hmotnosti. BMI index pracuje pouze s tělesnou hmotností a výškou jedince. Nijak nezohledňuje množství a poměr tukové a tukuprosté hmot. Jeho výhodou je nenáročný určení konkrétní hodnoty – lze ji zjistit prostým využitím antropometrických údajů nebo bioelektrické impedance. Právě proto, že nepracuje s množstvím tuku a tukuprosté hmoty, může dojít ke špatnému výkladu výsledku. Například výrazněji „osvalený“ sportovec, který má menší až normální množství tukové tkáně, se podle hodnocení BMI bude vyskytovat mimo optimální fyziologické rozpětí (Riegerová et al., 2006).

Pro výpočet indexu tělesné hmotnosti se vychází z rovnice:

$$\text{BMI} = \text{hmotnost (kg)} / \text{výška}^2 \text{ (m}^2\text{)}$$

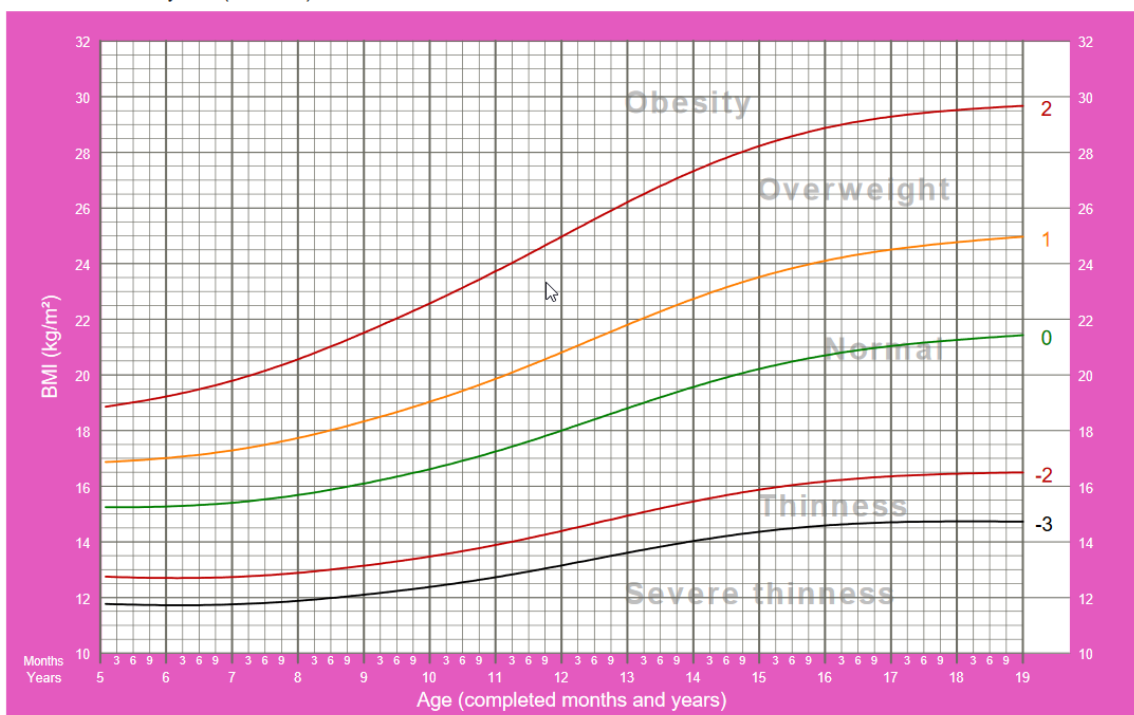
Obecně tedy BMI z fyzikálního hlediska vyjadřuje „plošnou hustotu, kterou zaujímá hmotnost lidského těla ve čtverci o straně rovné tělesní výšce“ (Pařízková & Lisá, 2007, 68).

Protože se lidé liší nejen ve výšce, ale i ve věku, pohlaví a robustnosti (stavbě těla), nemůže být konkrétní hodnota BMI považována za normu. Tu tvoří její určité rozmezí (Riegerová et al., 2006).

Pro populaci byly provedeny nejrůznější kategorizace hodnot BMI. Obrázek 13 a 14 představují kategorizaci BMI vztáženou k věku u dětí ve věkové skupině 5 až 19 let podle WHO.

## BMI-for-age GIRLS

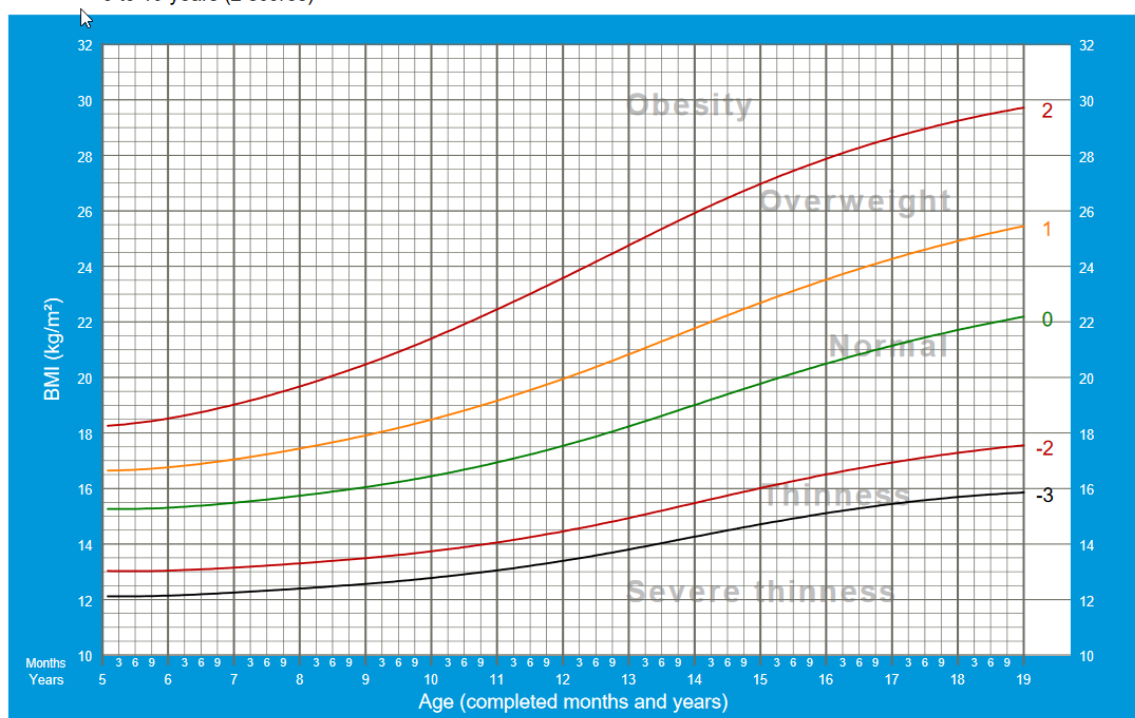
5 to 19 years (z-scores)



Obrázek 13. BMI u dívek ve věku 5 až 19 let dle WHO (Retrieved 30. 4. 2016 from the World Wide Web: [http://www.who.int/growthref/bmifa\\_girls\\_z\\_5\\_19\\_labels.pdf?ua=1](http://www.who.int/growthref/bmifa_girls_z_5_19_labels.pdf?ua=1))

## BMI-for-age BOYS

5 to 19 years (z-scores)



Obrázek 14. BMI u chlapců ve věku 5 až 19 let dle WHO (Retrieved 30. 4. 2016 from the World Wide Web: [http://www.who.int/growthref/bmifa\\_girls\\_z\\_5\\_19\\_labels.pdf?ua=1](http://www.who.int/growthref/bmifa_girls_z_5_19_labels.pdf?ua=1))

U dětí však v žádném případě nelze použít stejné hodnocení jako u dospělých, protože jejich hodnoty BMI se výrazně proměňují s věkem a stádiem pohlavního dozrávání. Proto byly vypracované percentilové grafy BMI (více kapitola 2.3.3 Růstové percentilové grafy) (Kopecký et al., 2013)

### **3 CÍLE**

Hlavním cílem této diplomové práce je porovnání intersexuálních rozdílů u vybraných parametrů tělesného složení u dětí mladšího školního věku s ohledem na věkovou kategorizaci.

#### **Dílčí cíle:**

1. Zhodnotit zastoupení množství tukové hmoty u dívek a chlapců mladšího školního věku.
2. Porovnat zastoupení FFM a SMM u dětí mladšího školního věku s ohledem na pohlaví.
3. V závislosti na věku popsat rozdíly mezi chlapci a dívkami u BCMI, BFMI a FFMI.
4. Definovat rozdíly u poměru ECM/BCM s ohledem na pohlaví.

#### **Hypotézy:**

1. Liší se zastoupení tukové hmoty mezi dívkami a chlapci mladšího školního?
2. Existují intersexuální rozdíly v zastoupení FFM u dětí mladšího školního věku?
3. Existují intersexuální rozdíly v zastoupení SMM u dětí mladšího školního věku?
4. Existují intersexuální rozdíly v zastoupení TBW u dětí mladšího školního věku?

## 4 METODIKA

V této části práce charakterizujeme výzkumný soubor, uvádíme charakteristiku měřených parametrů, popis postupu a organizaci měření a třídění a statistické zpracování dat.

Projekt schválila Etická komise Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci a v průběhu celého výzkumu byly dodržovány principy etiky obsažené v Helsinské deklaraci z roku 1964.

### Charakteristika souboru

Výzkumný soubor tvoří děti mladšího věku, tj. od 6 do 11 let. V období let 2013-2015 proběhlo u žákyň a žáků vybraných základních škol antropometrické vyšetření. Celkem bylo naměřeno 1628 dětí, z toho 871 dívek a 757 chlapců, u kterých byla zjišťována tělesná výška a hmotnost, obvodové parametry, biologický proporcionální věk a tělesné složení. Pro záměry této práce byla použita data z měření tělesné výšky, hmotnosti a vybraných parametrů tělesného složení.

Soubor byl rozdělen podle věku do 6 kategorií, které byly označeny F1 až F6 pro dívky a M1 až M6 pro chlapce (Tabulka 7).

Tabulka 7. Rozdělení dětí do věkových kategorií podle četnosti

Výzkumný soubor dětí mladšího školního věku (6-11 let)		
Skupina	Věk	Počet
F1	6	68
F2	7	189
F3	8	201
F3	9	148
F5	10	148
F6	11	117
M1	6	48
M2	7	143
M3	8	180
M4	9	138
M5	10	127
M6	11	121

Chronologický věk probandů je stanoven podle zásad IBP (Weiner & Lourie, 1969) v desetínách roku. Do dané věkové kategorie jsou zařazeni probandi s chronologickým věkem v ročním rozpětí, např. 7letí = 7,00–7,99 let.

Od zákonných zástupců všech měřených dětí byl předem získán podepsaný informovaný souhlas o měření tělesného složení.

### **Měření a zpracování dat**

Měření dívek a chlapců proběhlo vždy v dopoledních hodinách, ve školním prostředí a za standardních podmínek – v lehkém oblečení, bez obuvi a v dobře osvětlené místnosti. Všechny děti, které se měření zúčastnily, byly seznámeny se stanovenými zásadami měření. Identifikační údaje, jako jsou jméno a datum narození byly zjištěny od třídních učitelů se souhlasem rodičů. Tělesná výška byla měřena na místě za využití standardního antropometru P-375 (přesnost měření 0,5 cm). Získané údaje byly zaneseny do přístroje InBody 720, jenž sloužil k získání hodnot tělesné hmotnosti tělesného složení.

Všechna výstupní data byla následně zanesena do programu MS Excel (pomocí programu Lookin' Body 3.0). Vzniklý soubor byl pak zpracován prostřednictvím statistického programu Statistica 12. Pro porovnání rozdílů mezi věkovými kategoriemi a pohlavími byl použit Scheffeho test. Pro ověření statistické významnosti rozdílů průměrů zvolených parametrů mezi věkovými kategoriemi byla využita jednofaktorová ANOVA. Hladina významnosti byla určena na hladině  $\alpha = 0,05$ .

V jednotlivých věkových kategoriích byl ze všech naměřených dat charakterizován aritmetický průměr (M), byly stanoveny minimální (Min) a maximální (Max) hodnoty měřených parametrů a stanovena míra variability, tedy směrodatná odchylka (SD).

Kromě základních somatických parametrů, jakými jsou věk, tělesná výška (cm), tělesná hmotnost (kg), BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), množství tělesného tuku (%), tukuprosté hmoty (kg), celkové tělesné vody (l), intra- a extracelulární vody (l), kosterně-svalové hmoty (kg), extracelulární hmoty (kg), buněčné hmoty (kg), jsme získali i poměr extracelulární hmoty/buněčné hmoty ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ). Navíc jsme dopočítali i řadu indexů, kromě Body-Mass indexu (BMI) také Body-Cell Mass index (BCMI), Body-Fat Mass index (BFMI) a Fat-Free Mass index (FFMI). Jednotkou všech uvedených indexů je  $\text{kg}/\text{m}^2$ .

Přehled sledovaných parametrů, rozdělený podle věkových skupin, se nachází v tabulkách 1 až 6 v příloze.

U vybraných tělesných parametrů jsme v diskuzi provedli srovnání výsledků měření zkoumaného souboru s hodnotami české populace. K tomu byly využity referenční hodnoty 6. Celostátního antropologického výzkumu dětí a mládeže 2001 Česká republika (Vignerová

et. al, 2006). Pro porovnání byly využity normalizační indexy, které se vypočítají ze vzorce (Pastucha et al., 2014):

$$Ni = (xi - M)/SD$$

Ni – normalizační index,

xi – průměrné hodnoty našeho souboru,

M – průměrná hodnota referenčního souboru,

SD – směrodatná odchylka referenčního souboru

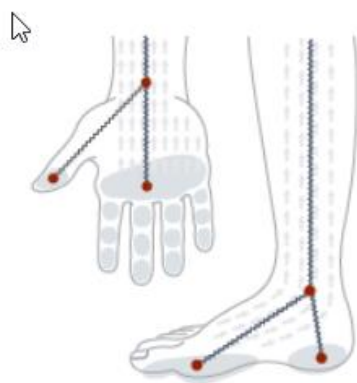
Pro porovnání byly použity i výsledky podobných studií ze zahraničí.

### Přístrojová technika

Antropologické výzkumné šetření se zakládalo na využití metody multifrekvenční bioelektrické impedanční analýzy (BIA) za účelem získání hodnot tělesného složení. Byla zvolena pro svou bezpečnost, nenáročnost na čas a na zkoumaný subjekt, a pro svou jednoduchost na obsluhu. Popis principu BIA je popsán v teoretické části práce.

Pro potřeby tohoto šetření byl pro stanovení hodnot tělesného složení využit přístroj InBody 720, který je založen na segmentální metodě BIA. Ta rozkládá tělo do 5 samostatných částí (trup a 4 končetiny), takže je dosaženo přesnějších výsledků. Trup InBody 720 vysílá do těla elektrický proud o frekvenci od 50 do 1000 kHz, díky kterému přesně analyzuje množství intracelulární a extracelulární vody (InBody, n. d.).

Elektrický proud vstupuje do těla pomocí kontaktu s osmi bodovými elektrodami, čtyři na každé straně těla (dvě na horní a dvě na dolní končetině). Díky pevnému rozmístění měřících míst proudu a napětí (Obrázek 15) je vyšší přesnost a reprodukovatelnost (InBody, n. d.).



Obrázek 15. Rozmístění měřících míst proudu a napětí u InBody 720 (upraveno dle InBody, n. d.).



Z přístroje InBody 720 lze získat tyto údaje parametrů tělesného složení (dle InBody, n. d.):

- množství celkové tělesné vody (TBW), intracelulární vody (ICW) a extracelulární vody (ECW) (l),
- množství bílkovin (kg),
- množství kostních a nekostních minerálů (kg),
- množství tělesného tuku (kg),
- tělesná hmotnost (kg),
- kostní a svalová hmota (kg),
- Body Mass Index BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ),
- procentuální podíl tukové složky (%),
- poměr obvodu pasů k obvodu boků,
- zastoupení štíhlé a tukuprosté hmoty (kg),
- rozložení štíhlé/tukuprosté hmoty v jednotlivých částech těla – pravá a levá horní končetina, trup a pravá a levá dolní končetina (kg),
- edém a jeho rozložení v jednotlivých tělních segmentech,
- BCM – množství buněčné hmoty (kg), BMC – množství kostních proteinů (kg), BMR – hodnota bazálního metabolismu (kcal), AC – obvod paže měřený mezi loktem a ramenem (cm), AMC – obvod pažních svalů (cm),
- cílová hmotnost, kontrola hmotnosti, kontrola tukové složky, kontrola svalstva, fitness skóre (stav tělesné zdatnosti), stupeň obezity,
- historie výsledků z 10 předchozích měření.

## 5 VÝSLEDKY

V následující kapitole jsou uvedeny průměrné hodnoty vybraných parametrů tělesného složení u dívek a chlapců mladšího školního věku. Ve výsledcích se zabýváme hodnocením vybraných parametrů a jejich srovnáním mezi oběma pohlavími i v rámci věkových kategorií.

Pro větší přehlednost zpracování jednotlivých somatických parametrů jsou použity grafy a tabulky.

### Tělesná výška

Podle očekávání byla nejnižší průměrná tělesná výška dívek zaznamenána u nejmladší věkové kategorie, kdy u 6letých dívek hodnota činila 124,7 cm, a u chlapců 126,1 cm. Chlapci jsou tak vyšší o 1,4 cm. Nejvyšší průměrná hodnota byla zaznamenána v kategorii 11letých (147 cm pro dívky a 148,4 cm pro chlapce), kdy rozdíl mezi pohlavími dosáhl opět 1,4 cm.

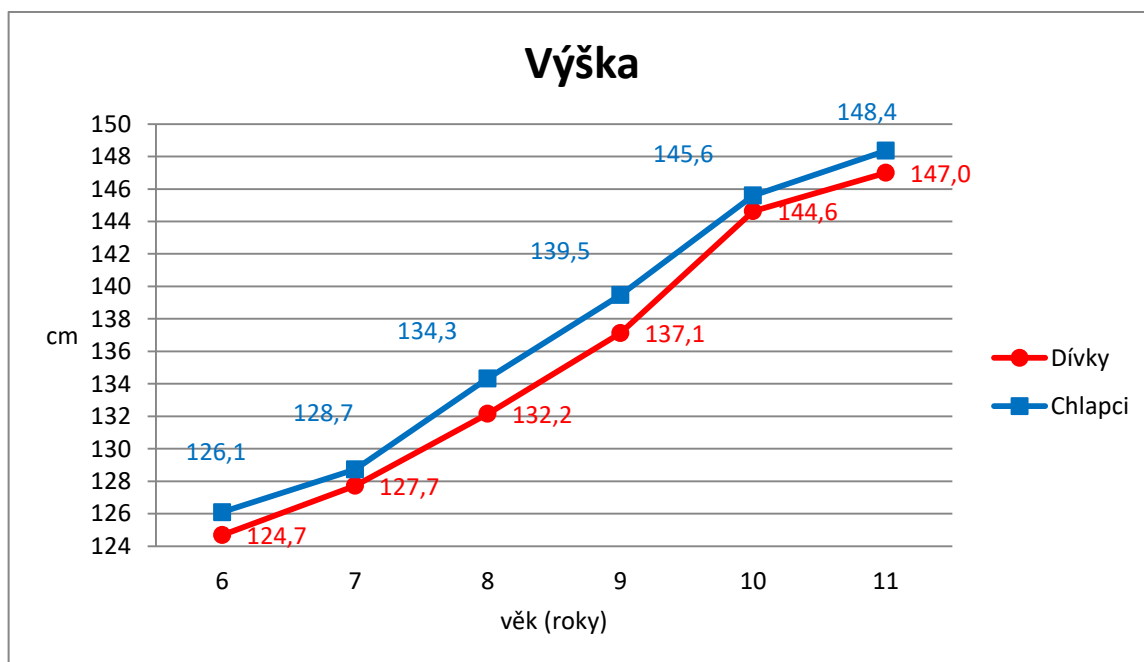
Průměrně činil meziroční nárůst jak u dívek, tak i u chlapců 4,5 cm. Největší nárůst nastal shodně u děvčat i hochů mezi kategoriemi 9 a 10 let, kdy 10leté dívky vyrostly oproti 9letým v průměru o 7,5 cm, a 10letí chlapci byli vyšší průměrně o 6,1 cm. Meziročně nejméně vyrostla 11letá děvčata (oproti 10letým pouze o 2,4 cm); ve skupině hochů nastal nejmenší nárůst u 7letých, protože rozdíl mezi nimi a předchozí skupinou činil 2,8 cm.

U obou pohlaví můžeme rozdíly mezi skupinami ve věku 7 a 8 let, 8 a 9 let a 9 a 10 let označit za signifikantní (Tabulka 17 v příloze).

Ve všech věkových kategoriích byli chlapci vyšší než dívky. Největší intersexuální rozdíl v průměrných hodnotách tělesné výšky jsme zaznamenali u skupiny 9letých dětí, kdy byli chlapci vyšší o 2,3 cm. Naopak nejmenší rozdíl mezi dívkami a chlapci byl 1 cm a to shodně u dětí ve věku 7 a 10 let. Ovšem žádný mezipohlavní rozdíl nepovažujeme za statisticky významný (Tabulka 17 v příloze).

Vůbec nejvyšší hodnota tělesné výšky (maximum) byla zjištěna u 10leté dívky, která měřila 165,7 cm. Na druhé straně vůbec nejnižší hodnota 100 cm (minimum) se vyskytla shodně u 8letého děvčete a sedmiletého chlapce.

Průměrné hodnoty výšky obou pohlaví našeho zkoumaného souboru jsou znázorněny na obrázku 16. Je z něj patrné, že s věkem se tělesná výška přirozeně zvyšuje ze 124,7 cm u 6letých do 146,9 cm u 11letých dívek a ze 126,1 cm (6letí) na 148,4 cm (11letí) u chlapců. Nárůst tělesné výšky tak byl pro dívky 22,2 cm a pro chlapce 22,3 cm.



Obrázek 16. Intersexuální rozdíly v tělesné výšce u sledovaného souboru (cm)

### Tělesná hmotnost

Průměrná tělesná hmotnost chlapců ve věku 6 let je 24,8 kg, což je hodnota o 0,7 kg nižší než u dívek ve stejné věkové kategorii.

U 7letých dětí již chlapci váží v průměru o 0,4 kg více jak dívky, protože dívky v tomto věku jsou oproti 6letým těžší pouze o 0,7 kg, ale chlapci přibrali bezmála 1,7 kg.

Co se týče ostatních věkových kategorií, tak jsou hoši v průměru o 1,2-2,0 kg těžší než stejně staré dívky. Nejvyšší průměrná hodnota tělesné hmotnosti byla zjištěna v kategorii 11letých, v níž je hmotnost hochů rovna 40,3 kg a dívek 38,4 kg. Mezipohlavní rozdíl (v rámci 11letých) je tedy 1,9 kg.

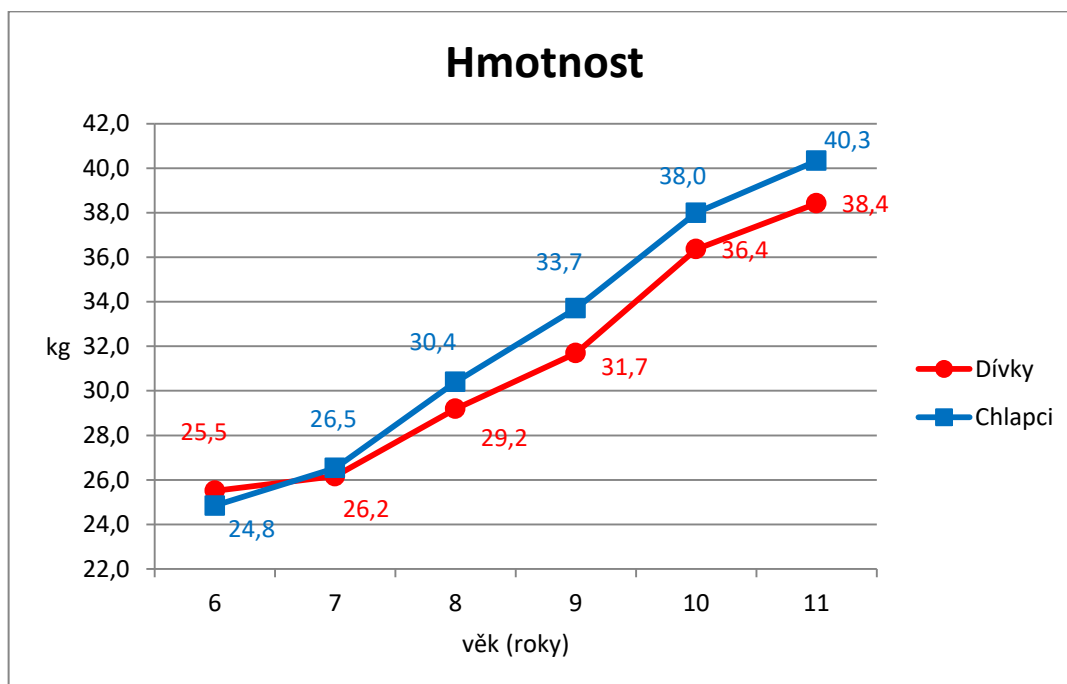
Ve většině věkových kategorií váží v průměru chlapci více jak dívky. Výjimku tvoří 6leté děti. Tělesná hmotnost vzrůstá relativně rovnoměrně s rostoucím věkem, u dívek z 25,5 kg u 6letých na 38,4 kg u 11letých (rozdíl 12,9 kg) a u chlapců z 24,8 kg na 40,3 kg (nárůst 15,5 kg). Pravidelnost růstu je patrná z obrázku 17. Můžeme říci, že vývoj tělesné hmotnosti probíhá v souladu s vývojem tělesné výšky, protože u obou parametrů i obou pohlaví jsme zaznamenali největší meziroční nárůst průměrných hodnot mezi 9. a 10. rokem (dívky 4,7 kg, chlapci 4,3 kg). Nejmenší přírůstek v hmotnosti lze najít u dívek i chlapců mezi 6. a 7. rokem.

Největší intersexuální diference se nachází u skupiny 9letých (2,0 kg), naopak nejmenší pak u 7letých (0,4 kg).

Největší hmotnost z celého sledovaného souboru (80,5 kg) se vyskytla v kategorii 10letých chlapců, kdy o 11,3 kg převýšila maximum zjištěné u stejně starých dívek.

Na druhou stranu vůbec nejnižší hodnota tělesné hmotnosti (15,8 kg) se objevila ve skupině 6letých hochů, což je hodnota nižší o 2,7 kg než u dívek v dané věkové kategorii.

Jako signifikantní se nám jeví u dívek rozdíl mezi kategoriemi 9 a 10 let; u chlapců můžeme označit jako signifikantní 2 rozdíly: mezi 7letými a 8letými a mezi skupinou 9 a 10 let. Intersexuální rozdíly v jednotlivých kategoriích jsou statisticky nevýznamné (Tabulka 7 v příloze).



Obrázek 17. Intersexuální rozdíly v tělesné hmotnosti u sledovaného souboru (kg)

### Body-mass index

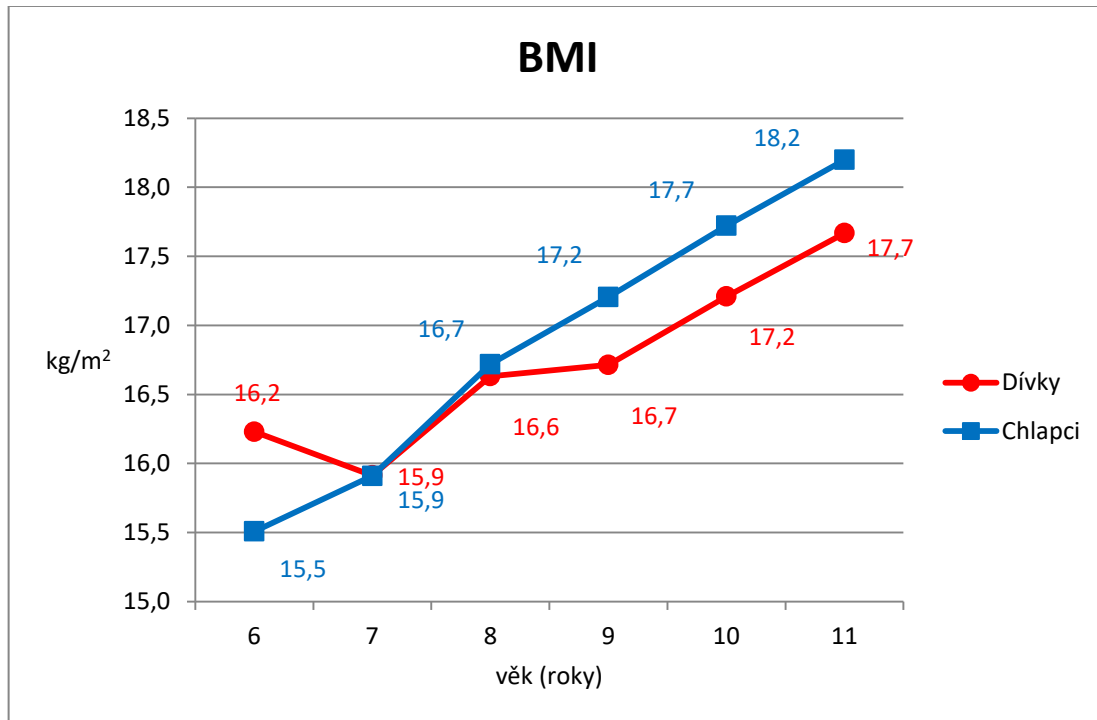
Hmotnostně-výškový index nám pomáhá určit, zda se hmotnost jedince nachází v normálních hodnotách, nebo se již jedná o nadváhu nebo podváhu. Nejmladší skupina 6letých dosáhla průměrného BMI u dívek 16,2 kg/m<sup>2</sup>, u chlapců 15,5 kg/m<sup>2</sup>. Skupina 11letých dívek měla průměrnou hodnotu BMI 17,7 kg/m<sup>2</sup>, pro chlapce dosahovala hodnoty 18,2 kg/m<sup>2</sup>. Ve zbylých dívčích kategoriích (7-10 let) se průměr pohyboval od 15,9 kg/m<sup>2</sup> do 17,2 kg/m<sup>2</sup>, v chlapeckých pak od 15,9 kg/m<sup>2</sup> do 17,7 kg/m<sup>2</sup>.

Kromě skupin 6letých a 7letých dětí mají dívky nižší průměrné hodnoty BMI než chlapci. V kategorii 7 let se vyskytuje shodná průměrná hodnota pro obě dvě pohlaví (15,9 kg/m<sup>2</sup>). Meziroční přírůstek je shodně nejvyšší mezi skupinami ve věku 7 a 8 let (chlapci 0,8 kg/m<sup>2</sup>, dívky 0,7 kg/m<sup>2</sup>). U 7 letých dívek však došlo k meziročnímu poklesu průměrného BMI (o 0,3 kg/m<sup>2</sup>).

Největší intersexuální diference se objevuje u nejmladší věkové kategorie (0,7 kg/m<sup>2</sup>).

Průměrné hodnoty jsou znázorněny na obrázku 18.

V rámci jednotlivých věkových kategorií jsme u parametru BMI nezaznamenali rozdíly, které by se jevily jako statisticky významné. Obdobně nejsou signifikantní ani intersexuální rozdíly (Tabulka 8 v příloze).



Obrázek 18. Intersexuální rozdíly v BMI u sledovaného souboru (kg/m<sup>2</sup>)

### Tělesný tuk

Množství tělesného tuku jsme porovnávali v jeho absolutní hodnotě v kilogramech (BFM), ale i jako jeho procentuální podíl na celkové tělesné hmotnosti (PBF).

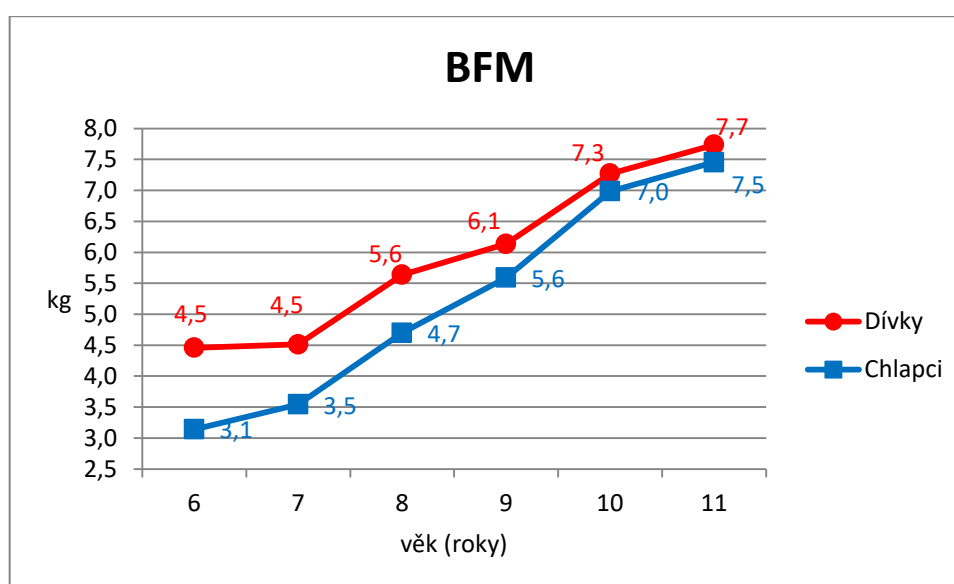
Ve všech věkových kategoriích byla BFM zastoupena ve vyšších průměrných hodnotách u dívek než u chlapců. Nejvyšší rozdíly v zastoupení BFM jsme zaznamenali u 6-8letých dětí. Ve starších věkových kategoriích se průměrné hodnoty přibližovaly.

Nejnižší meziroční nárůst průměrných hodnot BFM nastal mezi skupinou 6letých a 7letých dívek, kdy se tyto průměrné hodnoty téměř nelišily. Nejvyšší nárůst (1,4 kg) se pak objevuje mezi skupinou 9letých a 10letých chlapců.

Minimální hodnota tukové tělesné složky (0,6 kg) byla shodně zaznamenána u 6, 7 a 8letých děvčat i hochů. Maximální hodnota tuku u dívek (28,6 kg) byla naměřená u devítileté kategorie, což je o 5,6 kg více než maximum u stejně starých chlapců; u těch se vůbec nejvyšší hodnota (29,1 kg) vyskytla u skupiny 8letých. Rozdíl oproti maximu ve stejné věkové kategorii u dívek činí 6,9 kg.

Průměrné hodnoty BFM se zvyšovaly s přibývajícím věkem ze 4,5 kg u nejmladších dívek na 7,7 kg u nejstarších. Rozdíl tedy činil 3,2 kg. U chlapců se průměry zvyšovaly relativně pravidelně z 3,1 kg na 7,5 kg, takže rozdíl je 4,3 kg. Přírůstky tukové složky odpovídají jednotlivým růstovým spurtům. Rozdíly mezi jednotlivými věkovými kategoriemi se jeví jako statisticky nevýznamné (Tabulka 9 v příloze).

Ve všech věkových kategoriích mají dívky vyšší zastoupení absolutní tukové složky než chlapci. Největší mezipohlavní rozdíl se vyskytuje u nejmladších skupin, kdy je množství tuku u děvčat větší o 1,3 kg. Naopak nejstarší skupiny dětí mají rozdíl nejmenší, a to přibližně 0,3 kg. Intersexuální rozdíly v rámci jednotlivých věkových skupin jsou opět nesignifikantní (Tabulka 9 v příloze, Obrázek 19).



Obrázek 19. Intersexuální rozdíly BFM u sledovaných souborů

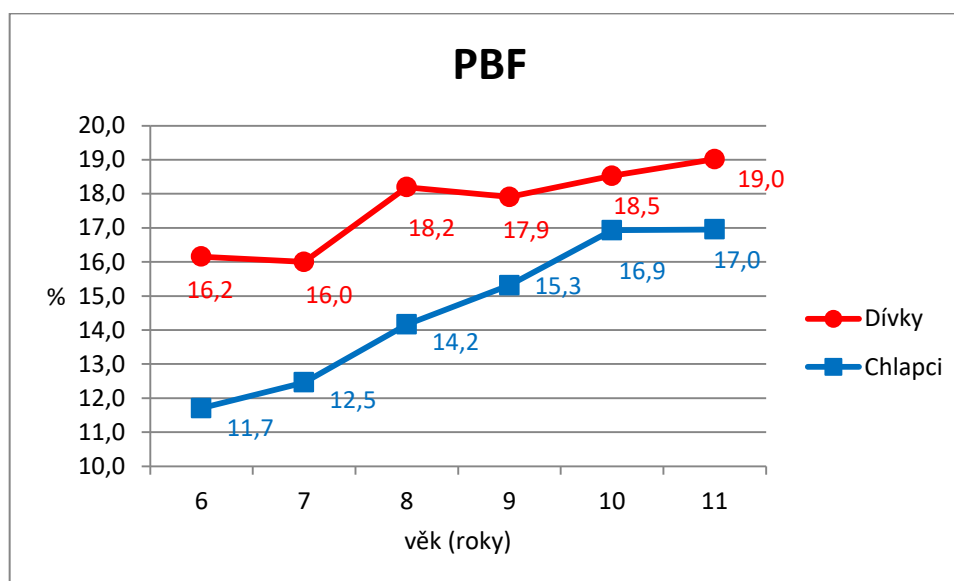
Při srovnání věkových kategorií u parametru procentuálního zastoupení tukové složky (PBF) v celkové tělesné hmotnosti docházíme k zjištění, že průměrné hodnoty nerovnoměrně kolísají. Relativní zastoupení tukové složky pro nejmladší soubory dívek meziročně klesá z 16,2 % u šestiletých na 16,0 % u sedmiletých, což je u dívek zároveň i nejnižší průměrná hodnota. U nejstarší věkové kategorie dívek se vykazuje nejvyšší průměrná hodnota (19,0 %). U chlapců ke kolísání nedochází, průměrné hodnoty se s přibývajícím věkem zvyšují. Nejnižší průměr se tedy nachází v souboru 6letých hochů (11,7 %) a nejvyšší v 11letých (17,0 %).

Nejvýraznější meziroční pokles nastal mezi 8letými a 9letými dívkami, kdy se průměrná hodnota snížila z 18,2 % na 17,9 %, tedy o 0,3 %. U kategorie 8letých dívek se vyskytl největší meziroční nárůst průměrných hodnot, protože se od předchozí skupiny liší o 2,2 %.

V chlapeckých skupinách se meziročně téměř neliší nejstarší věkové kategorie, rozdíl je minimální. K největšímu nárůstu u tohoto pohlaví došlo, obdobně jako u dívek, ve věkové kategorii 8 let, kde rozdíl oproti 7letým činí 1,7 %. Můžeme však konstatovat, že se rozdíly mezi jednotlivými věkovými kategoriemi jeví jako statisticky nevýznamné (Tabulka 10 v příloze).

I u PBF jsou průměrné hodnoty dívek vyšší než chlapců. Největší mezipohlavní diferenci nalezneme u nejmladších dětí – 6letí chlapci mají o 4,5 % méně tuku. Soubor 10letých dětí obsahuje nejmenší diferenci: dívky mají pouze o 1,6 % více tuku než chlapci. Statisticky významným hodnotíme intersexuální rozdíl mezi 8letými dívkami a chlapci. Ostatní rozdíly se jeví jako nesignifikantní (Tabulka 10 v příloze).

Celkově jsme v kategorii dívek zaznamenali nárůst PBF ze 16,0 % na 19,0 %, takže rozdíl činí 3,0 %. U chlapců došlo k nárůstu z 11,7 % na 17,0 %. Rozdíl pak dosahuje 5,3 %. Průměrné hodnoty jsou graficky znázorněny na Obrázku 20. Zajímavé jsou i minimální hodnoty, kdy bylo v rámci obou pohlaví téměř u všech kategorií (s výjimkou 11letých dívek) naměřeno shodně pouze 3 % tělesného tuku. Maximální hodnotu pak nalezneme u skupiny ve věku 8 let, kdy tuk zabírá více jak polovinu tělesné hmotnosti, konkrétně 51,6 %.



Obrázek 20. Intersexuální rozdíly v PBF u sledovaných souborů

### Tukuprostá hmota (FFM)

Podobně jako tuk, tak i tukuprostou hmotu můžeme vyjádřit v kg a v %, avšak v této práci byla použita pouze absolutní hodnota. Průměrné hodnoty jednotlivých věkových skupin pro FFM pro obě pohlaví jsou znázorněny na obrázku 21.

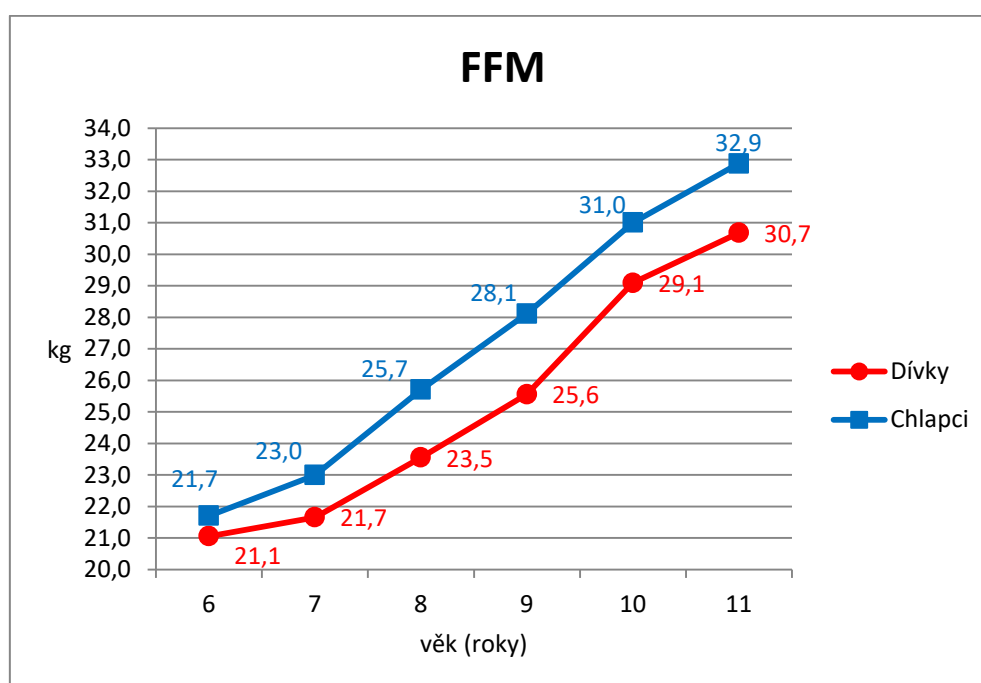
Ve všech věkových kategoriích chlapci disponovali vyšším podílem FFM než dívky.

Jak u dívek, tak i u chlapců se s rostoucím věkem množství tukuprosté hmoty zvyšovalo přibližně rovnoměrně. U nejmladší věkové kategorie dívek byl zjištěn průměr FFM 21,1 kg, u té nejstarší pak 30,7 kg. Průměrné hodnoty ostatních skupin se pohybovaly v rozmezí od 27,7 kg do 29,1 kg tukuprosté hmoty. U 6letých chlapců byla FFM zastoupena v průměru 21,7 kg, zatímco u 11letých to bylo 32,9 kg. U ostatních skupin nacházíme průměrné rozpětí FFM od 23,0 kg do 31,0 kg.

Největší meziroční nárůst průměrných hodnot ve skupině dívek se vyskytl u 10letých, protože rozdíl oproti předcházející kategorii je 3,5 kg. Mezi 6letými a 7letými děvčaty dosáhl nárůst nejmenší hodnoty (0,6 kg). Obdobný průběh má i zvyšování hodnot u chlapců. Největší meziroční rozdíl se objevil mezi soubory 9letých a 10letých hochů, a to 2,9 kg. Pouze 1,3 kg je rozdíl mezi 6letými a 7letými chlapci.

Největší diference mezi dívkami a chlapci se objevuje u dětí ve věku 9 let, kdy mají hoši o 2,6 kg více tukuprosté hmoty než dívky. Nejméně se od sebe odlišovaly 6leté děti, protože rozdíl mezi pohlavími je 0,6 kg..

Pro skupinu dívek tedy byl zaznamenán celkový nárůst množství tukuprosté hmoty z 21,1 kg na 30,7 kg, tedy 9,6 kg, což je trojnásobné množství přírůstku průměrné hodnoty BFM za stejné období (3,2 kg). U chlapců došlo celkově k nárůstu o 11,2 kg (z 21,7 kg na 32,9 kg). Přírůstek FFM je vzhledem k BFM u chlapců mladšího školního věku více než dvojnásobný.



Obrázek 21. Intersexuální rozdíly ve FFM u sledovaných souborů



## **Celková tělesná voda**

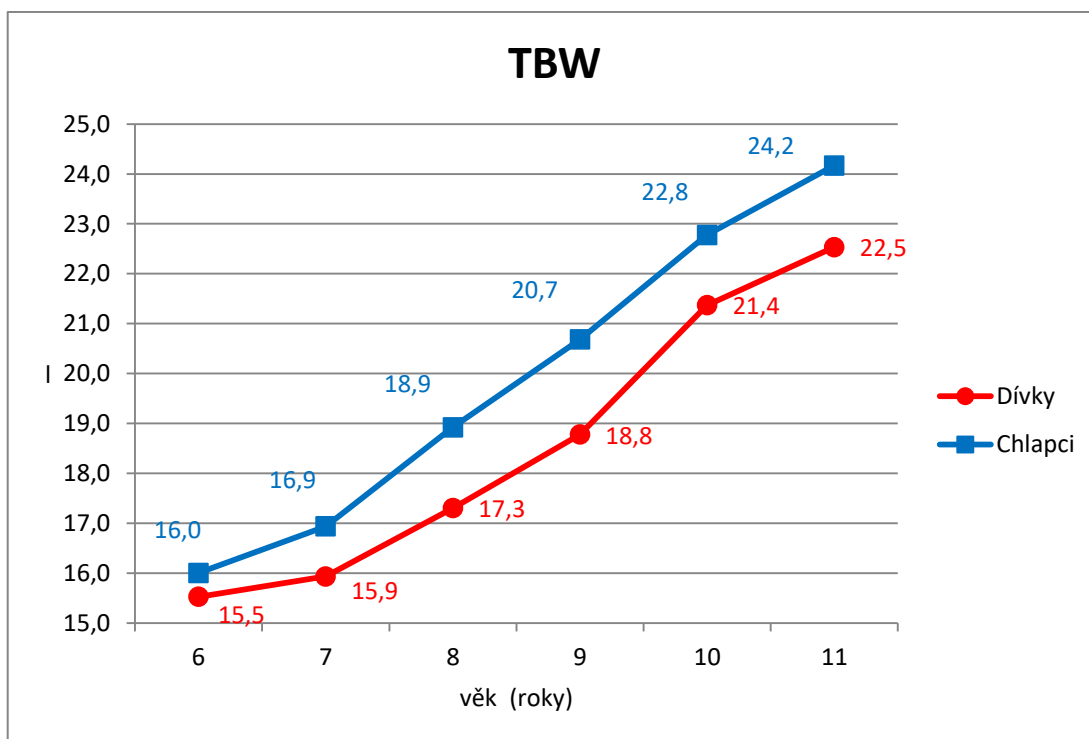
Zastoupení celkové tělesné vody (Total body water, TBW) bylo vyšší u chlapců než u dívek u všech věkových kategorií.

Ve sledovaných souborech byla nejnižší průměrná TBW zjištěna opět u nejmladší kategorie. U dívek její objem činil 15,5 l, u chlapců 16,0 l. S rostoucím věkem se tato hodnota v obou případech postupně zvyšovala. U nejstarších děvčat již bylo v těle obsaženo průměrně 22,5 l vody; u stejně starých hochů pak 24,2 l. Rostoucí tendenci je patrná z grafu na obrázku 22.

Největší přírůstek jsme u dívek zaznamenali mezi 9. a 10. rokem, a to konkrétně 2,6 l vody; nejmenší přírůstek je zřetelný mezi 6 a 7letými děvčaty (pouze 0,4 l). U chlapců se největší rozdíl vyskytl opět mezi 9letými a 10letými hochy a činil 2,1 l celkové tělesné vody. Nejméně se od sebe odlišovaly skupiny ve věku 6 a 7 let, protože rozdíl byl pouhých 0,9 l. Rozdíly v celkovém množství tělesné vody se u obou pohlaví v rámci jednotlivých kategorií jeví jako signifikantní mezi dětmi ve věku 7 a 8 let, 8 a 9 let, a 9 a 10 let. (Tabulka 11 v příloze).

Největšího intersexuálního rozdílu v průměrných hodnotách bylo dosaženo v souboru 9letých dětí, kde chlapci převyšovali dívky v množství celkové tělesné vody o 1,9 l. Nejmenší diference pak náležela kategorii nejmladší, protože rozdíl mezi 6letými dětmi byl pouze 0,5 l ve prospěch chlapců. Jako signifikantní můžeme označit mezipohlavní rozdíl mezi 8letými dívkami a chlapci. Intersexuální diference v následující kategorii (9 let) je také statisticky významná (Tabulka 11 v příloze).

Množství celkové tělesné vody se u dívčích skupin zvýšilo z 15,5 l na 22,5 l a celkový přírůstek tak činil 7,0 l. U chlapeckých vzrostlo množství celkově o 8,2 l (z 16,0 l na 24,2 l).



Obrázek 22. Intersexuální rozdíly v množství celkové tělesné vody u sledovaných souborů

Jak je uvedeno výše v teoretické části, celková tělesná voda se skládá ze dvou základních složek – intracelulární obsažené uvnitř buněk (ICW) a extracelulární nacházející se vně buněk (ECW).

U nejmladších dívek bylo zjištěno 9,6 l vnitrobuněčné vody (ICW) a 5,9 l mimobuněčné vody (ECW), tedy celkem 15,5 l. Nejvíce tělesné vody (22,5 l) jsme zjistili u nejstarší kategorie, tedy u dívek věku 11 let. Z tohoto celkového objemu bylo téměř 14 l obsaženo uvnitř buněk, přesněji 13,9 l. Mimo buňky se pak nacházelo průměrně 8,6 l. Průměry ostatních kategorií se pohybovaly v rozmezí 9,9 l až 13,2 l u vnitrobuněčné vody a od 6,1 l do 8,2 l u vody mimobuněčné.

Celkově se ICW zvyšovala z 9,6 l na 13,9 l (rozdíl 4,3 l). Největší meziroční přírůstek se vyskytoval u kategorie 10letých dívek, které měly v průměru o 1,6 l intracelulární vody více než dívky 9leté.

ECW vzrůstalo z hodnoty 5,9 l u nejmladší kategorie dívek až na 8,6 l u nejstarší. Rozdíl tak činí 2,7 l. Obdobně jako o ICW byl největší meziroční nárůst zaznamenán mezi dívkami ve věku 9 a 10 let (1,0 l).

Rozdíly v zastoupení ICW a ECW mezi věkovými skupinami dívek ve věku 7 a 8 let, 8 a 9 let, a 9 a 10 let jeví jako statisticky významné (Tabulky 12 a 13 v příloze).

U souboru 6letých chlapců bylo zjištěno 9,9 l ICW a 6,1 l mimobuněčné vody (ECW), tedy celkem 16,0 l. Nejvíce vnitrobuněčné vody (14,9 l) i mimobuněčné vody (9,2 l)

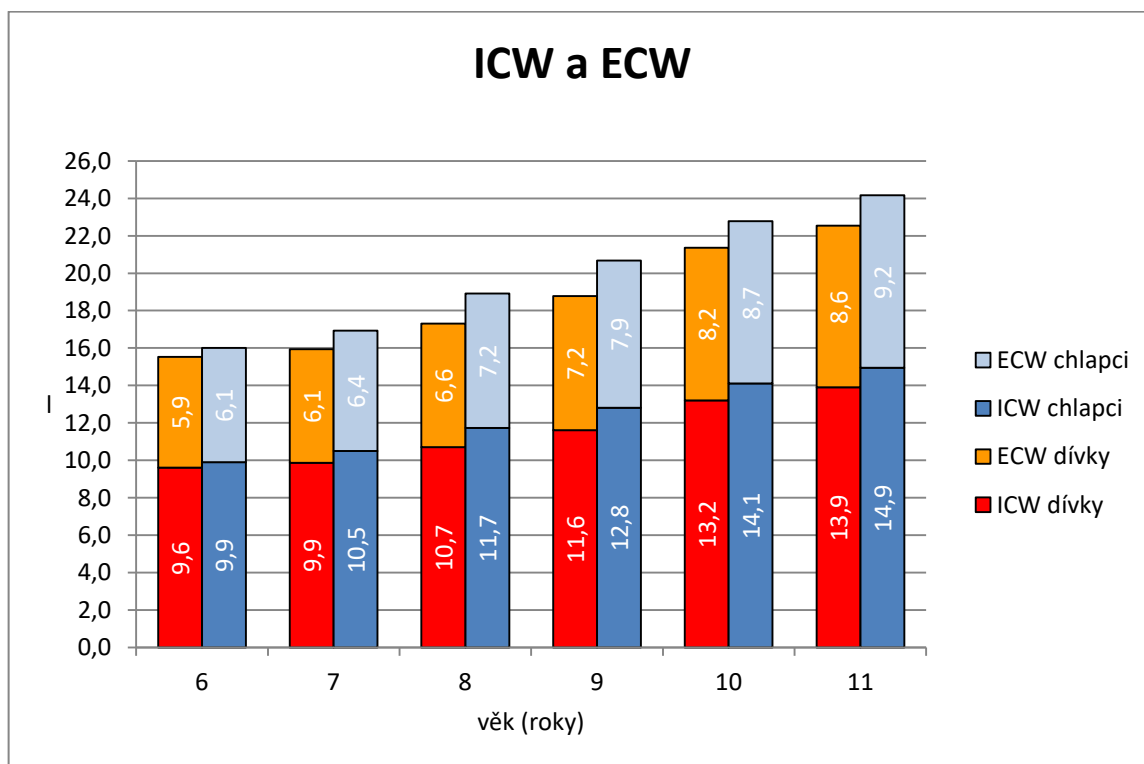
se vyskytovalo u nejstarší kategorie. U ostatních skupin se pak průměrné hodnoty ICW pohybovaly mezi 10,5 l a 14,1 l; průměrné hodnoty ECW byly obsaženy v rozmezí 6,4 l až 8,7 l.

Celkově se množství ICW zvýšilo z 9,9 l na 14,9, tedy rozdíl činí 5,0 l. Největší meziroční nárůst se objevil u 10letých chlapců, kteří měli o 1,3 l více než předešlá skupina. Obdobně jako u dívek přibylo nejméně intracelulární vody u nejmladších kategorií. Za signifikantní můžeme považovat rozdíly mezi skupinami 7 a 8let, 8 a 9 let, a 9 a 10 let (Tabulka 12 v příloze).

Množství ECW celkově vzrostlo z 6,1 l na 9,2 l. K největšímu meziročnímu nárůstu průměrných hodnot došlo u 8 a 10letých dětí, kdy v obou případech měli chlapci oproti předcházejícím skupinám o 0,8 l extracelulární vody více. Rozdíly v zastoupení ECW mezi skupinami 7 a 8 let, 8 a 9 let, a 9 a 10 let můžeme považovat za statisticky významné (Tabulka 13 v příloze).

Intersexuálně jsme zaznamenali největší rozdíl v zastoupení ICW i ECW u 9letých dětí. Chlapci měli o 1,2 l ICW a o 0,7 l ECW více než dívky. V obou parametrech byly signifikantní rozdíly nalezeny mezi 8 a 9letými dětmi.

Intersexuální rozdíly ICW a ECW jsou znázorněny na obrázku 23.



Obrázek 23. Intersexuální rozdíly ICW a ECW u sledovaných souborů

## **Kosterní svalstvo**

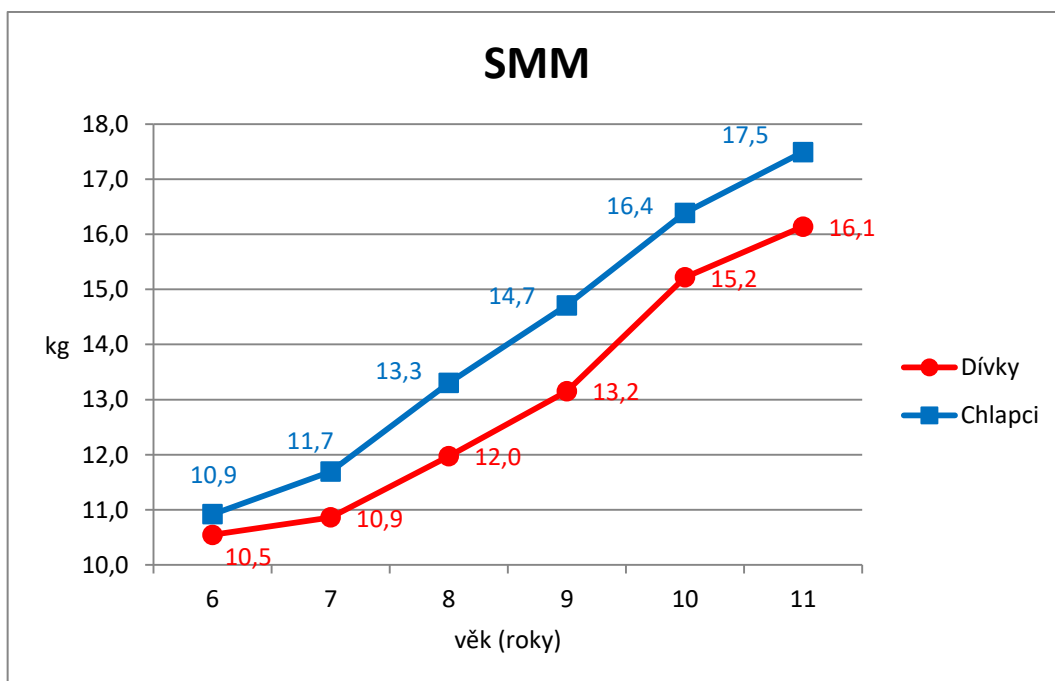
Zastoupení hmoty kosterního svalstva (SMM) se v průběhu mladšího školního věku rovnoměrně navyšovalo. Ve všech věkových kategoriích měli chlapci více SMM než stejně stará děvčata.

U dívek došlo k nárůstu z 10,6 kg u 6letých děvčat až na 16,1 kg u 11letých. Celkově se tak v průměru zvýšilo množství svalové tkáně o 5,5 kg. Nejmenší přírůstek nastal mezi 6. a 7. rokem (0,3 kg) - nejevil se jako signifikantní. Největší a signifikantní nárůst SMM byl zaznamenán mezi 9. a 10. rokem, kdy činil 2,1 kg. Statisticky významný nárůst SMM mezi 7 a 8letými a 8 a 9letými byl 1,1 kg a 1,2 kg. U nejstarší kategorie dívek přibylo 0,9 kg SMM vzhledem k 10letým dívkám a tento přírůstek nebyl signifikantní. Statisticky významné změny jsou znázorněny v tabulce 14 v příloze.

Také u chlapců jsme zaznamenali rovnoměrný nárůst SMM, který byl vzhledem k dívčím souborům vyšší ve všech věkových kategoriích. Nejstarší chlapci měli o 6,6 kg více SMM než 6letí. To představuje o 1,1 kg vyšší přírůstek než u dívek. Signifikantní rozdíly byly zjištěny mezi-kategoriálně u 7, 8 a 9letých chlapců (Tabulka 14 v příloze).

Ve všech skupinách mají chlapci více svalů než děvčata. Největší a signifikantní rozdíl se vyskytuje mezi 9letými dětmi, kdy činí 1,6 kg ve prospěch hochů (Obrázek 24). Dále se mezi signifikantní řadí i rozdíl ve SMM mezi dětmi ve věku 8 let (Tabulka 14 v příloze). Nejnižší a nesignifikantní rozdíl (0,4 kg) v zastoupení SMM byl nalezen u 6letých.

Vůbec nejnižší hodnota (minimum) SMM u dětí mladšího školního věku byla zjištěna v kategorii 7letých. Tento chlapec měl na svém těle pouze 5,8 kg svalů. Naopak nejvíce rozvinuté kosterní svalstvo (maximum) se vyskytlo u věkové kategorie 10letých hochů, a to 28,5 kg.



Obrázek 24. Intersexuální rozdíly v průměrných hodnotách kosterního svalstva zkoumaného souboru

Největší přírůstky v množství kosterního svalstva korespondují s midspurtem, který jsme zaznamenali u tělesné výšky, hmotnosti, tělesného tuku a tukuprosté hmoty.

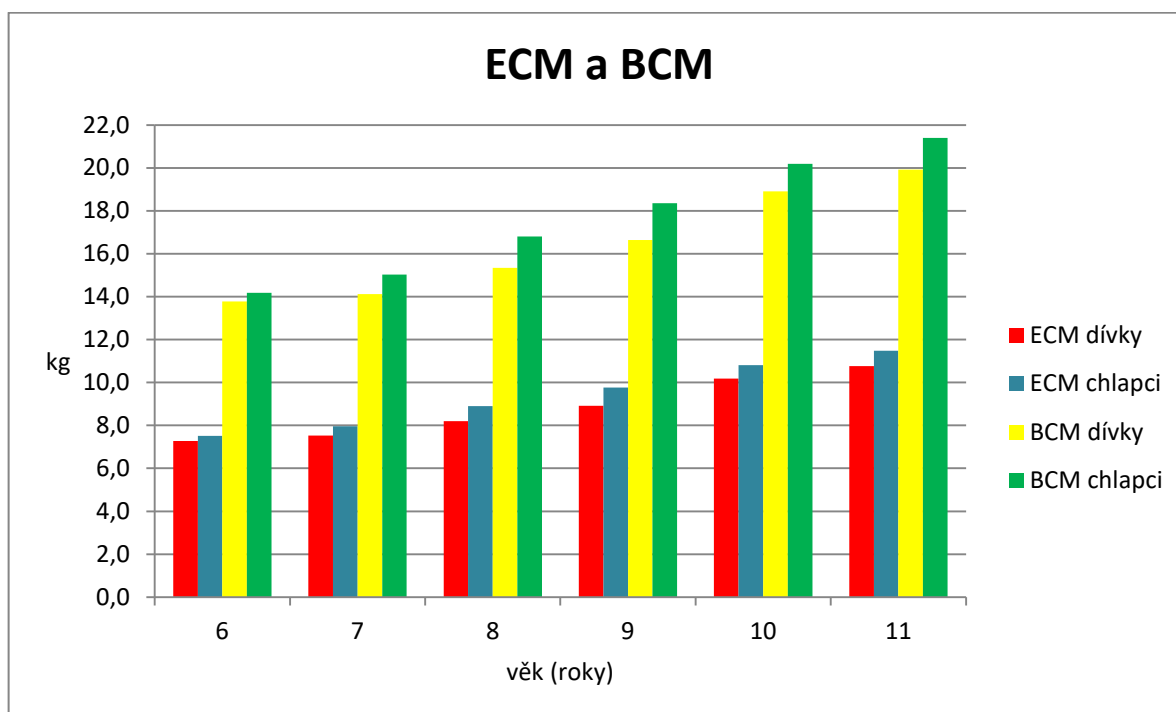
### Extracelulární hmota, buněčná hmota, ECM/BCM poměr

Dalším zjišťovaným somatickým parametrem bylo množství extracelulární hmoty (ECM) a buněčné hmoty (BCM). Následně se z obou údajů vypočítal index ECM/BCM.

U dívek se průměrné hodnoty ECM nacházely v rozmezí od 7,3 kg u nejmladší kategorie po 10,8 kg u nejstarší, tedy celkově došlo k navýšení o 3,5 kg. Podobně narůstaly i průměry BCM, které se zvýšily z 13,8 kg u kategorie 6 let na 19,9 kg u 11letých dívek. Celkový nárůst BCM v rámci našeho dívčího souboru tedy byl 6,1 kg. Nejmenší rozdíly BCM a ECM byly nalezeny opět mezi 6 a 7letými dětmi. Největší nárůst v těchto parametrech, který koresponduje s nárůstem SMM, byl zjištěn u 9letých dívek. Podobně jako u SMM, také u ECM BCM jsme zaznamenali signifikantní meziroční rozdíly u 7, 8 a 9letých dívek (Tabulky 15 a 16 v příloze).

U chlapců došlo k nárůstu ECM o 4,0 kg a nárůstu BCM o 7,2 kg mezi nejmladšími a nejstaršími. ECM vzrostla signifikantně s největším přírůstkem (1,0 kg) u 10letých chlapců. Další vyšší a zároveň i statisticky významné přírůstkové hodnoty jsme zjistili 8 a 9letých hochů (Tabulka 16 v příloze). BCM vzrostla nejvíce u chlapců ve věku 8 a 10 let, kdy přírůstek byl signifikantní. Další statisticky významná vyšší přírůstková hodnota BCM se objevila u 10 letých chlapců (Tabulka 15 v příloze).

Průměrné hodnoty ECM a BCM byly ve všech věkových kategoriích vyšší u chlapců než u dívek, s největším intersexuálním rozdílem u 9letých dětí: u ECM činil 0,8 kg a u BCM 1,7 kg. V obou parametrech za statisticky významné považujeme mezipohlavní diferenci u dětí ve věku 8 a 9 let (Tabulky 15 a 16 v příloze).



Obrázek 25. Intersexuální rozdíly v průměrných hodnotách ECM a BCM u sledovaných souborů

Hodnota poměru ECM/BCM může sloužit jako doplňkové kritérium pro posouzení stavu výživy daného jedince. Čím je nižší, tím lépe, protože o to větší množství buněčné, potažmo tukuprosté, hmoty se v těle vyskytuje.

Průměrné hodnoty jsou dle Pastuchy et al. (2014) definovány pro chlapce  $0,87 \pm 0,12$ , pro dívky  $0,96 \pm 0,14$ . U našich souborů byly hodnoty podstatně nižší. Jednotlivé věkové kategorie se od sebe odlišovaly jen minimálně. Rozdíly mezi nimi se pohybovaly v rozmezí 0,53 až 0,54. Pro přehlednost jsou hodnoty poměru ECM/BCM uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 8. Poměr mimobuněčné a buněčné hmoty (ECM/BCM) u našich souborů

věk (roky)	6	7	8	9	10	11
dívky	0,53	0,53	0,53	0,54	0,54	0,54
chlapci	0,53	0,53	0,53	0,53	0,54	0,54

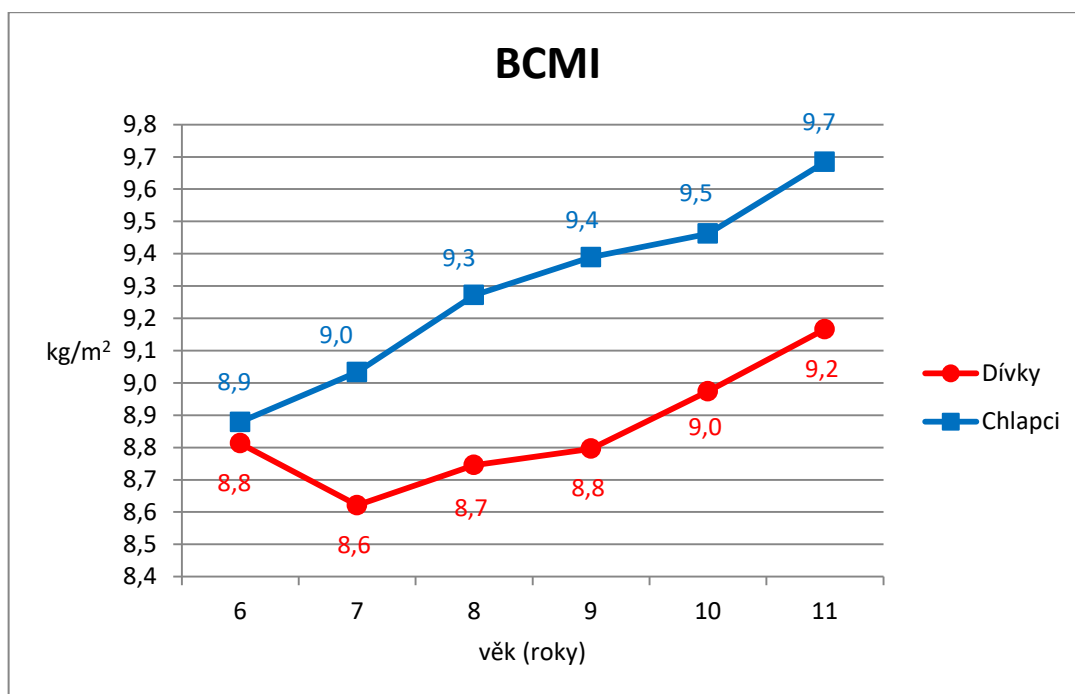
## Body Cell Mass index

Body cell mass index (BCMI) může informovat o tělesné zdatnosti jedince z hlediska optimálního zastoupení jednotlivých složek těla (Pastucha et al. 2014).

U našich dívek se pohybovaly průměrné hodnoty BCMI od  $8,8 \text{ kg/m}^2$  u 6letých až po  $9,2 \text{ kg/m}^2$  u 11letých. Rozdíl mezi nejmladší a nejstarší kategorií byl  $0,4 \text{ kg/m}^2$ . Největší nárůst v BCMI jsme zaznamenali shodně mezi skupinami 7letých a 8 letých a 10letých a 11letých děvčat, kdy činil  $0,2 \text{ kg/m}^2$ . Mezi 8letými a 9letými dívkami došlo jen k minimálnímu nárůstu, kdy nám po zaokrouhlení na jedno desetinné místo vyšlo shodně  $8,8 \text{ kg/m}^2$ . Zajímavé dále je, že mezi kategoriemi 6 a 7 let nedošlo k nárůstu, ale ke snížení z  $8,8 \text{ kg/m}^2$  na  $8,6 \text{ kg/m}^2$  (tedy o  $-0,2 \text{ kg/m}^2$ ). Od 9 let se pak hodnota BCMI relativně stabilně zvyšuje. Rozdíly mezi věkovými kategoriemi jsou ze statistického hlediska nevýznamné (Tabulka 18 v příloze).

Průměrná hodnota BCMI u chlapců se s rostoucím věkem rovnoměrně zvyšuje z  $8,9 \text{ kg/m}^2$  na  $9,7 \text{ kg/m}^2$ . Celkový nárůst od 6 do 11 let tedy činí  $0,8 \text{ kg/m}^2$ . Meziročně se průměrná hodnota zvyšovala od  $0,1 \text{ kg/m}^2$  do  $0,2 \text{ kg/m}^2$ , ovšem tyto rozdíly nejsou statisticky (Tabulka 18 v příloze).

Ve všech věkových kategoriích byla hodnota indexu BCMI vyšší u chlapců (Obrázek 26). Jediný statisticky nevýznamný intersexuální rozdíl jsme zaznamenali u dětí ve věku 6 let, kdy měli hoši v průměru pouze o  $0,1 \text{ kg/m}^2$  vyšší hodnotu BCMI než děvčata. V ostatních věkových kategoriích byly rozdíly signifikantní, s největší diferencí u 9letých (Tabulka 18 v příloze).



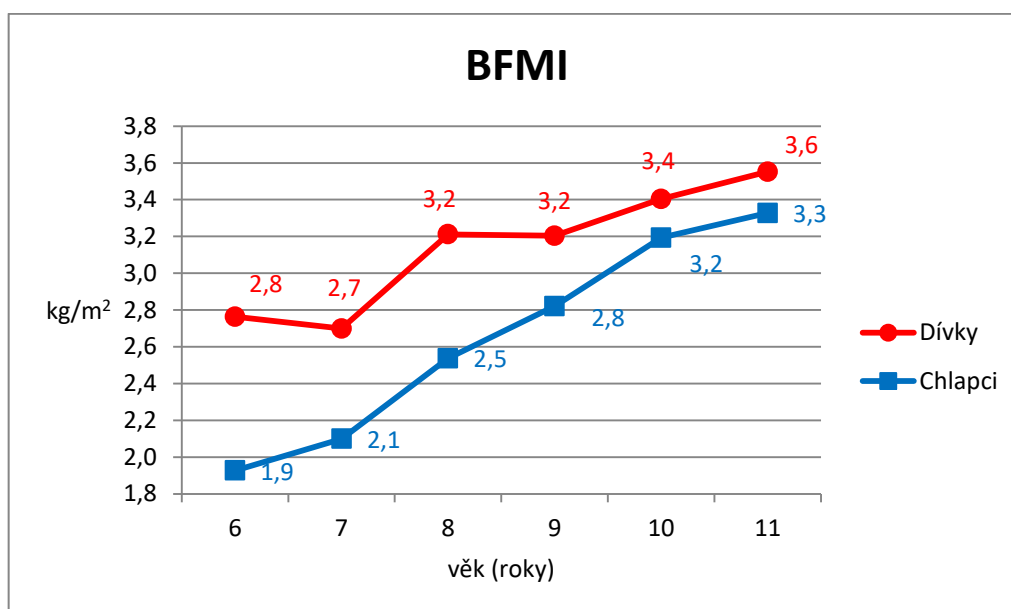
Obrázek 26. Intersexuální rozdíly v průměrných hodnotách BCMI u sledovaných souborů

## Body fat mass index

Průměrné hodnoty BFMI se pohybovaly u dívek od 2,7 kg/m<sup>2</sup> u 7letých do 3,6 kg/m<sup>2</sup> u 11letých. Nejvyšší meziroční přírůstek byl nalezen u 8letých a to 0,5 kg/m<sup>2</sup>, avšak ani tento rozdíl není signifikantní. Ani v ostatních věkových kategoriích jsme nezaznamenaly statisticky významné změny (Tabulka 19 v příloze).

V souvislosti s nižším zastoupením tuku u chlapců, dosahují hodnoty BFMI rozmezí od 1,9 kg/m<sup>2</sup> do 3,3 kg/m<sup>2</sup>. Mezi nejmladší a nejstarší věkovou kategorií došlo k nárůstu o 1,4 kg/m<sup>2</sup>. Největší, ale statisticky nevýznamný, rozdíl se objevil u 8 a 9letých chlapců, a to 0,4 kg/m<sup>2</sup>. Nejméně a zároveň nesignifikantně se od sebe lišily nejstarší kategorie, kdy rozdíl dosáhl hodnoty 0,1 kg/m<sup>2</sup>.

Při porovnání dívek a chlapců mezi sebou navzájem jsme došli ke zjištění, že vždy je BFMI vyšší u dívek než u chlapců. Největší intersexuální rozdíl byl zjištěn mezi nejmenšími dětmi, kdy 6letí chlapci měli oproti stejně starým dívkám BFMI nižší o 0,8 kg/m<sup>2</sup> (po zaokrouhlení na 1 desetinné místo). S přibývajícím věkem se rozdíl mezi pohlavími postupně snižuje – 2 nejstarší kategorie jsou rozdílně pouze o 0,2 kg/m<sup>2</sup>. Výjimku tvoří pouze děti ve věku 8 let, protože zde je rozdíl 0,7 kg/m<sup>2</sup> ve prospěch dívek (důvodem může být právě skokové zvýšení u dívek). Ovšem všechny intersexuální rozdíly jsou ze statistického hlediska nevýznamné (Tabulka 19 v příloze).



Obrázek 27. Intersexuální hodnoty v průměrných hodnotách BFMI u zkoumaného souboru



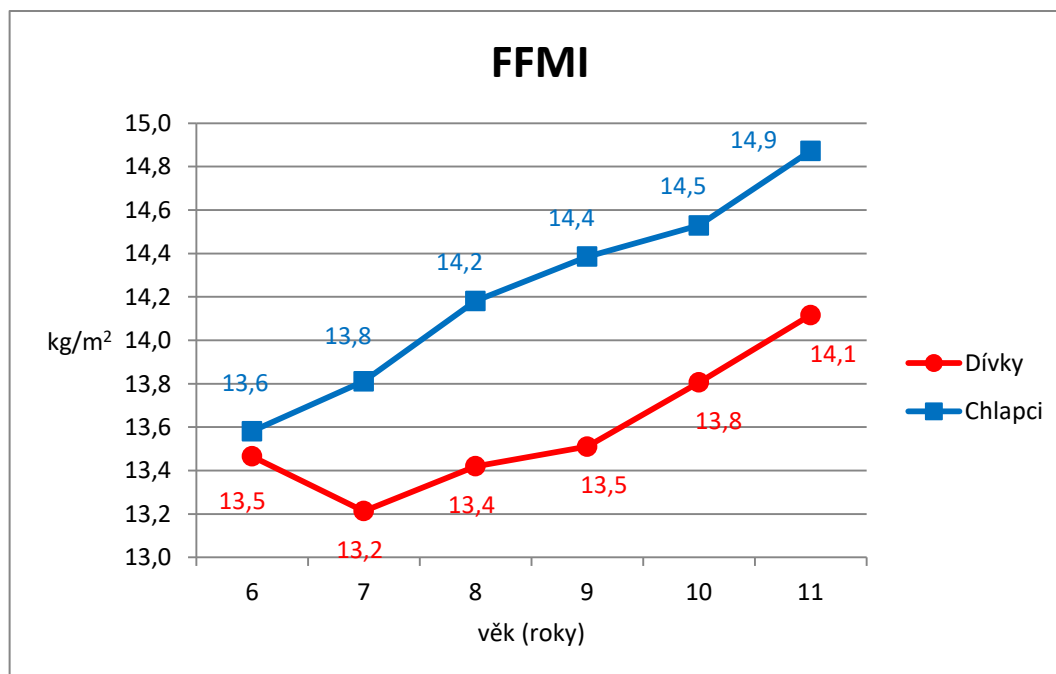
### Fat-free mass index (FFMI)

Z obrázku 28 je zřejmé, že průměrné hodnoty FFMI korespondují s již dříve prezentovanými výsledky. To znamená, že opět sledujeme rovnoměrný nárůst u chlapců, jehož průměrné hodnoty vzhledem k dívčím souborům dosahují vyššího zastoupení ve všech věkových kategoriích.

Mezi 6. a 7. rokem došlo u dívek k poklesu průměrných hodnot z  $13,5 \text{ kg/m}^2$  na  $13,2 \text{ kg/m}^2$ . U ostatních věkových kategorií se pak hodnoty pohybují v rozmezí od  $13,4 \text{ kg/m}^2$  do  $14,1 \text{ kg/m}^2$ . Nejmenší meziroční nárůst ( $0,1 \text{ kg/m}^2$ ) se vyskytl u 9letých dívek. Největší přírůstek ( $0,3 \text{ kg/m}^2$ ) byl zjištěn u 2 nejstarších kategorií. Ovšem ani jeden meziroční rozdíl se u dívek nejeví jako signifikantní (Tabulka 20 v příloze).

V souboru chlapců došlo mezi 6 a 11 letými k celkovému nárůstu o  $1,3 \text{ kg/m}^2$ , z hodnoty  $13,6 \text{ kg/m}^2$  na  $14,9 \text{ kg/m}^2$ . Rozdíly mezi jednotlivými věkovými skupinami byly nesignifikantní, tudíž je nejvyšší meziroční nárůst u 8letých také statisticky nevýznamný (Tabulka 20 v příloze).

Pokud se podíváme na intersexuální rozdíly, tak dojdeme ke zjištění, že v každém věku mají dívky hodnotu FFMI nižší než chlapci (Obrázek 28). Ve věku 6 let se od sebe obě pohlaví odlišují jen minimálně – pouze  $0,1 \text{ kg/m}^2$  ve prospěch chlapců. Největší signifikantní intersexuální diference má hodnotu  $0,9 \text{ kg/m}^2$  a vyskytuje se u dětí 9letých. Další statisticky významné rozdíly FFMI byly zaznamenány u dětí ve věku 7, 8, 10 a 11 let (Tabulka 20 v příloze).



Obrázek 28. Intersexuální rozdíly v průměrných hodnotách FFMI u sledovaných souborů

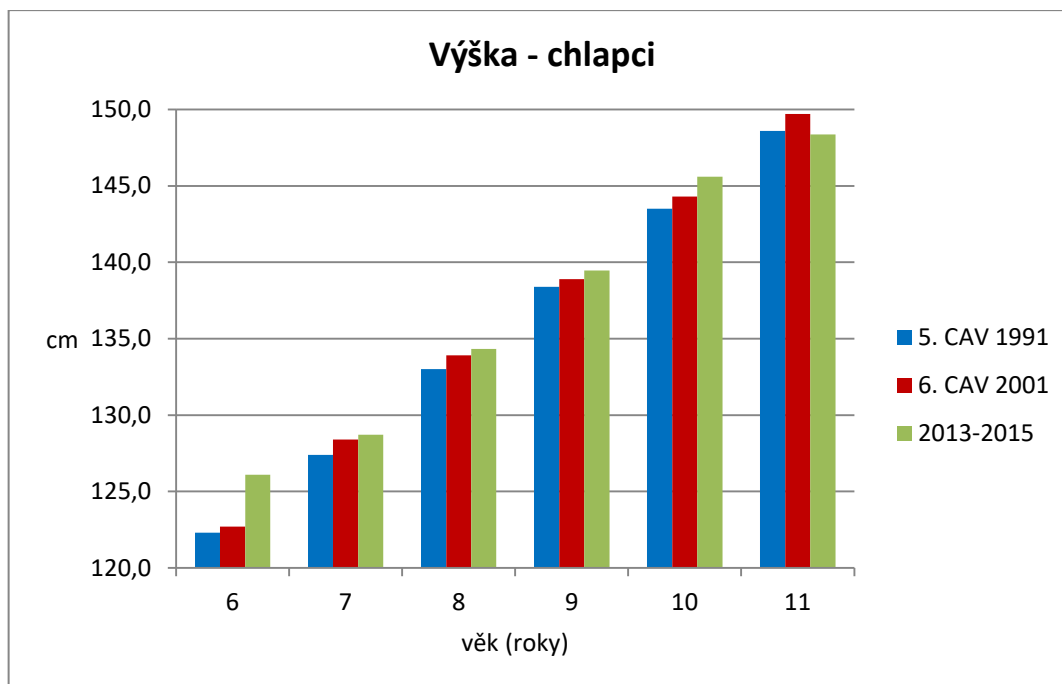
## 6 DISKUZE

V této kapitole provedeme srovnání výsledků našeho výzkumu s hodnotami z dalších šetření, která se uskutečnila na našem území nebo v zahraničí. Pro tělesnou výšku, hmotnost a BMI využijeme výsledky z 5. a 6. Celorepublikového antropologického výzkumu (CAV) (Vignerová et al., 2006), kdy hodnoty z 6. CAV budeme považovat za referenční. Pro srovnání s referenčními hodnotami využijeme normalizačního indexu Ni.

### Tělesná výška

Při porovnání hodnot našeho souboru v jednotlivých kategoriích s hodnotami 5. a 6. CAV zaznamenáme největší rozdíl v tělesné výšce u nejmladších chlapců.. Skupina šestiletých je v dnešní době o více jak 3 cm vyšší než v letech 1991 a 2001. Můžeme předpokládat, že se naši 6letí chlapci průměrným věkem blížili spíše skupině 7letých. Jedenáctiletí jsou o přibližně 0,2 cm menší než v roce 1991 a o 1,3 cm menší než v roce 2001. S výjimkou právě 11letých mají v ostatních věkových kategoriích naši chlapci průměrnou hodnotu tělesné výšky větší než jejich vrstevníci před 16 a 26 lety (Obrázek 29). Při využití normalizačních indexů, které se nachází v rozmezí od -0,18 do 0,62, může označit hodnoty zkoumaného chlapeckého souboru za průměrné (Tabulka 21 v příloze).

Tabulka 9 obsahuje průměrné hodnoty tělesné výšky v přehledu všech věkových kategorií a všech 3 výzkumů.



Obrázek 29. Srovnání průměrných hodnot tělesné výšky u chlapců s výsledky 5. CAV a 6. CAV

Tabulka 9. Průměrné hodnoty výšky chlapců 5. a 6. CAV a našeho sledovaného souboru (cm)

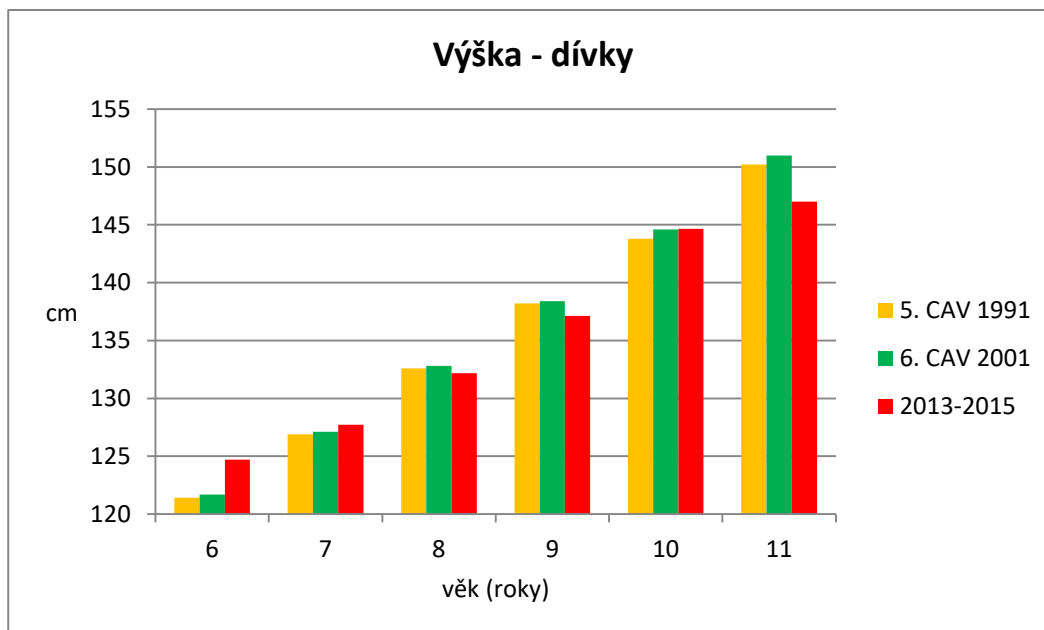
	<b>5. CAV 1991</b>	<b>6. CAV 2001</b>	<b>2013-2015</b>
<b>6 let</b>	122,3 (± 5,4)	122,7 (± 5,5)	126,1 (± 6,1)
<b>7 let</b>	127,4 (± 5,8)	128,4 (± 5,9)	128,7 (± 6,6)
<b>8 let</b>	133,0 (± 6,1)	133,9 (± 6,0)	134,3 (± 6,0)
<b>9 let</b>	138,4 (± 6,4)	138,9 (± 6,3)	139,5 (± 7,0)
<b>10 let</b>	143,5 (± 6,8)	144,3 (± 6,7)	145,6 (± 7,5)
<b>11 let</b>	148,6 (± 7,0)	149,7 (± 7,3)	148,4 (± 7,1)

*Poznámka: v závorce směrodatná odchylka (SD).*

Po srovnání tělesné výšky u dívek s výsledky minulých antropologických šetření z roku 1991 a 2001 (Vignerová et al., 2006) jsme zaznamenali nejvýraznější rozdíly u kategorií ve věku 6 a 11 let. Skupina nejmladších dívek je v dnešní době zhruba o 3 cm vyšší (o 3,3 cm oproti 5. CAV a o 3,0 cm v porovnání s 6. CAV). To můžeme opět přisoudit domněnce, že se naše 6leté dívky v průměru věku přibližovaly děvčatům ve věku 7 let. Nejstarší skupina je pak ve srovnání s 6. CAV o 4 cm. Ostatní věkové kategorie se příliš neliší, ale je zajímavé, že s výjimkou dívek ve věku 6 a 7 let jsou v průměru naše děvčata nižší nebo nanejvýš stejně vysoká jako před 16 lety (Obrázek 30). Normalizační indexy se u dívek nacházejí v rozmezí hodnot -0,53 až 0,54. Můžeme tak konstatovat, že vzhledem k referenčním jsou zjištěné hodnoty průměrné (Tabulka 22 v příloze).

Kopecký et al. (2013) uvádí, že pubertální akcelerace se vyznačuje výrazným zvýšením hodnot, protože vrcholí růstová rychlost. Po dosažení jejího vrcholu dochází ke snížení meziročních přírůstků stejně jako ke zpomalení růstového tempa. U dívek došlo k největšímu meziročnímu nárůstu ve věku 10 let, zatímco v 11 letech pozorujeme jeho výrazné snížení. Proto by v našem souboru mohla začít pubertální akcelerace již mezi 9. a 10. rokem.

V tabulce 10 jsou uvedeny průměrné hodnoty tělesné výšky použitých studií rozděleny podle věku.



Obrázek 30. Srovnání průměrných hodnot tělesné výšky u dívek s výsledky 5.CAV a 6. CAV

Tabulka 10. Průměrné hodnoty výšky dívek 5. a 6. CAV a našeho sledovaného souboru (cm)

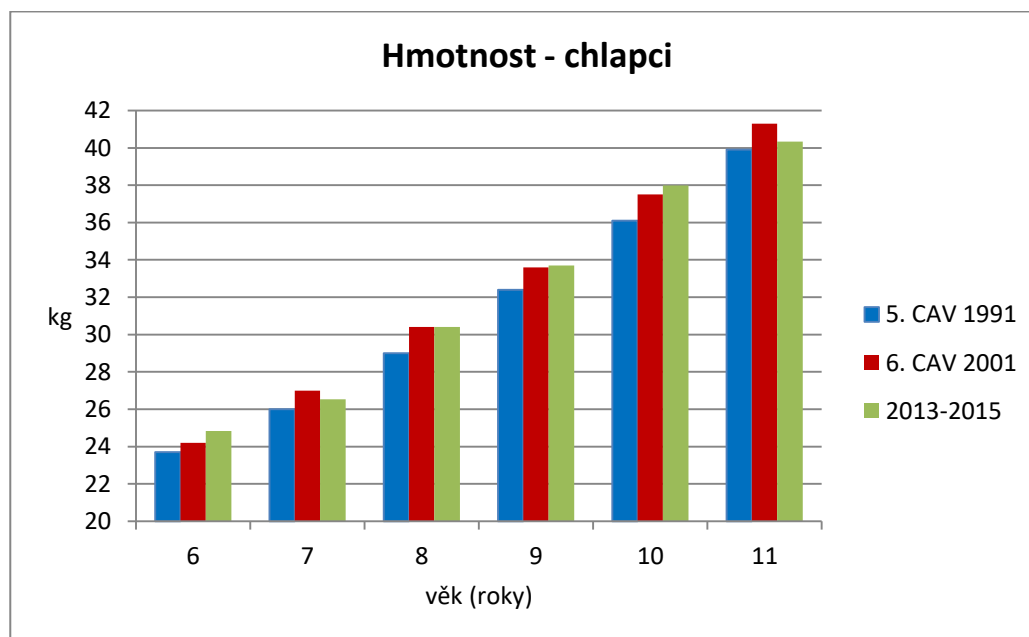
	5. CAV 1991	6. CAV 2001	2013-2015
<b>6 let</b>	121,4 (± 5,4)	121,7 (± 5,5)	124,7 (± 7,2)
<b>7 let</b>	126,9 (± 6,0)	127,1 (± 5,7)	127,7 (± 7,0)
<b>8 let</b>	132,6 (± 6,1)	132,8 (± 6,1)	132,2 (± 7,1)
<b>9 let</b>	138,2 (± 6,6)	138,4 (± 6,4)	137,1 (± 7,3)
<b>10 let</b>	143,8 (± 7,1)	144,6 (± 7,1)	144,6 (± 8,0)
<b>11 let</b>	150,2 (± 7,4)	151,0 (± 7,6)	147,0 (± 7,5)

*Poznámka: v závorce směrodatná odchylka (SD).*

### Tělesná hmotnost

Po srovnání průměrných hodnot tělesné hmotnosti chlapců s referenčními hodnotami 5. CAV se rozdíly pohybují v rozmezí od 1,1 kg do 1,9 kg ve prospěch našich chlapců. Srovnání s 6. CAV přineslo více variabilní výsledky, které ne zcela jednoznačně představují rovnoměrné navyšování nebo snižování tělesné hmotnosti. Nejvýraznější rozdíl se vyskytl u nejstarší věkové skupiny, kdy podle výsledků byli chlapci v roce 2001 v průměru o 1 kg těžší. Nejméně se pak od sebe odlišují ve věku 8 let, kdy jsou hodnoty po zaokrouhlení totožné. Normalizační indexy pro tělesnou hmotnost chlapců dosáhly hodnot od -0,11 do 0,15, a proto můžeme zjištěné hodnoty opět označit za průměrné (Tabulka 21 v příloze).

Srovnání průměrných hodnot našeho souboru s hodnotami CAV uvádí obrázek 31. Souhrnný přehled průměrných hodnot je uvedený v tabulce 11.



Obrázek 31. Srovnání průměrných hodnot tělesné hmotnosti u chlapců s výsledky 5.CAV a 6. CAV

Tabulka 11. Průměrné hodnoty tělesné hmotnosti chlapců 5. a 6. CAV a našeho sledovaného souboru (kg)

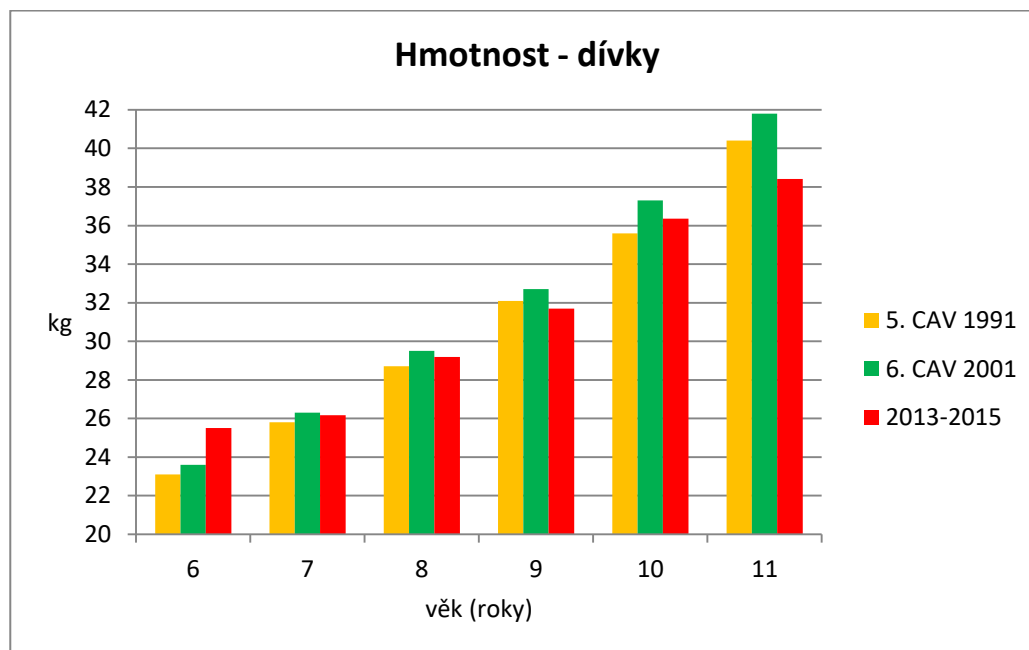
	<b>5. CAV 1991</b>	<b>6. CAV 2001</b>	<b>2013-2015</b>
<b>6 let</b>	23,7 (± 3,7)	24,2 (± 4,2)	24,8 (± 4,7)
<b>7 let</b>	26,0 (± 4,4)	27,0 (± 5,1)	26,5 (± 5,1)
<b>8 let</b>	29,0 (± 4,9)	30,4 (± 5,6)	30,4 (± 6,5)
<b>9 let</b>	32,4 (± 6,0)	33,6 (± 7,0)	33,7 (± 7,1)
<b>10 let</b>	36,1 (± 7,1)	37,5 (± 7,8)	38,0 (± 9,5)
<b>11 let</b>	39,9 (± 7,9)	41,3 (± 9,0)	40,3 (± 8,8)

*Poznámka: v závorce směrodatná odchylka (SD).*

Také srovnání tělesné hmotnosti u dívčích kategorií přináší velmi zajímavá zjištění, která nepodporují současné názorové trendy nárůstu tělesné hmotnosti a obezity již v mladším školním věku. Při porovnání s hodnotami 6. CAV zjistíme, že šestiletá děvčata jsou průměrně o 1,9 kg těžší. U sedmiletých a osmiletých je rozdíl minimální. Devítiletá a desetiletá děvčata jsou dnes v průměru přibližně o 1 kg lehčí. Největší nepoměr nastal mezi nejstarší věkovou

skupinou, kdy rozdíl oproti roku 2001 je -3,4 kg (Obrázek 32). Obdobná je i situace s porovnáním s hodnotami z roku 1991, kdy mají 6leté dívky o 2,4 kg vyšší a 11leté zase o 2,0 kg hmotnost nižší. S výjimkami ve věku 9 a 11 let je hodnota hmotnosti u našeho souboru vyšší než referenční hodnoty 5. CAV. Hodnoty normalizačních indexů svědčí o průměrné tělesné hmotnosti zkoumaného dívčího souboru (Tabulka 22 v příloze).

V tabulce 12 jsou pak souhrnně zobrazeny průměrné hodnoty hmotnosti ze šetření z let 1991, 2001 a z našeho výzkumu.



Obrázek 32. Srovnání průměrných hodnot tělesné hmotnosti u dívek s výsledky 5. CAV a 6. CAV

Tabulka 12. Průměrné hodnoty tělesné hmotnosti dívek 5. a 6. CAV a našeho sledovaného souboru (kg)

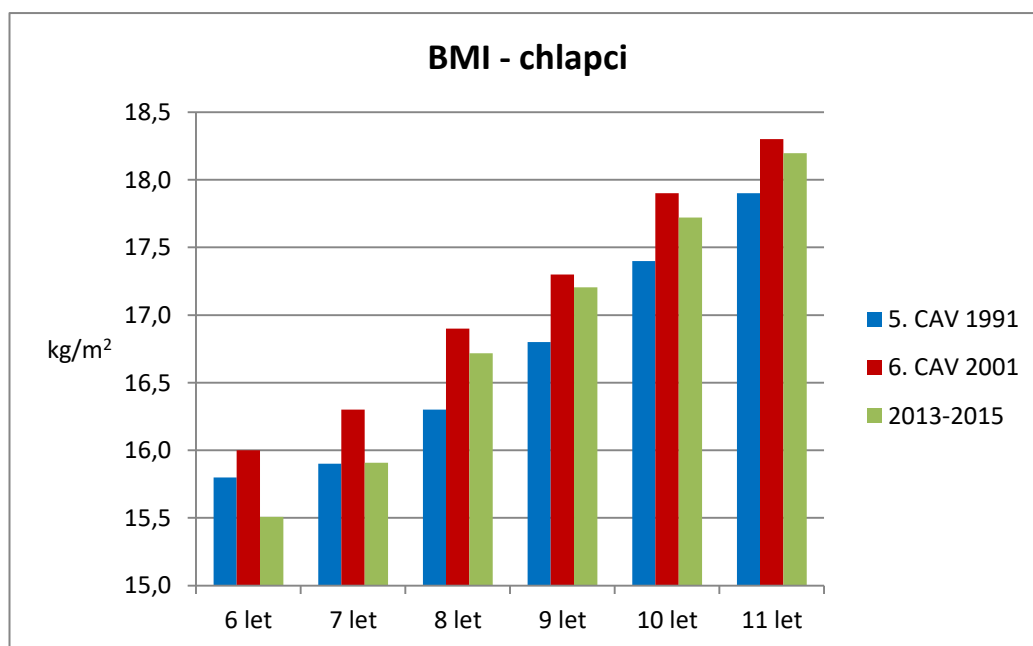
	<b>5. CAV 1991</b>	<b>6. CAV 2001</b>	<b>2013-2015</b>
<b>6 let</b>	23,1 (± 3,7)	23,6 (± 4,1)	25,5 (± 6,4)
<b>7 let</b>	25,8 (± 4,6)	26,3 (± 5,0)	26,2 (± 5,6)
<b>8 let</b>	28,7 (± 5,3)	29,5 (± 5,6)	29,2 (± 5,8)
<b>9 let</b>	32,1 (± 6,3)	32,7 (± 6,7)	31,7 (± 7,6)
<b>10 let</b>	35,6 (± 7,2)	37,3 (± 7,9)	36,4 (± 8,7)
<b>11 let</b>	40,4 (± 8,2)	41,8 (± 9,1)	38,4 (± 7,8)

*Poznámka: v závorce směrodatná odchylka (SD).*

## BMI

Ve všech věkových kategoriích jsou průměry BMI chlapců z našeho souboru nižší než hodnoty 6. CAV. Například 6letí chlapci mají BMI o  $0,5 \text{ kg/m}^2$  nižší než v roce 2001. Nejméně (o  $0,1 \text{ kg/m}^2$ ) se pak od sebe liší chlapci ve věku 9 a 11 let. Protože hodnoty z roku 2001 považujeme za referenční, provedli jsme srovnání za využití normalizačních indexů. Ty se pro naše chlapce pohybují v rozmezí  $-0,25$  až  $-0,03$ , takže lze hodnoty BMI u našich souborů považovat za průměrné (Tabulka 21 v příloze).

Při porovnání s 5. CAV jsou s výjimkou kategorie 6 a 7 let chlapců u našich souborů hodnoty BMI vždy vyšší. Mezi 6letými je rozdíl  $0,3 \text{ kg/m}^2$  ve prospěch chlapců z roku 1991, 7letí se pak neliší vůbec (Obrázek 33). Ve věku 8 a 9 let je mezi oběma výzkumy rozdíl  $0,4 \text{ kg/m}^2$ , což je nejvyšší rozdíl ve prospěch našich chlapců. Tabulka 13 obsahuje souhrnné zobrazení průměrných hodnot ze všech 3 výzkumů. V tomto případě je možno poukázat na nárůst tělesné hmotnosti a snížení jejího ideálního stavu.



Obrázek 33. Srovnání průměrných hodnot sledovaného souboru s výsledky 5. a 6. Celostátního antropologického výzkumu v parametru BMI u chlapců

Tabulka 13. Průměrné hodnoty BMI chlapců 5. a 6. CAV a našeho sledovaného souboru (kg/m<sup>2</sup>)

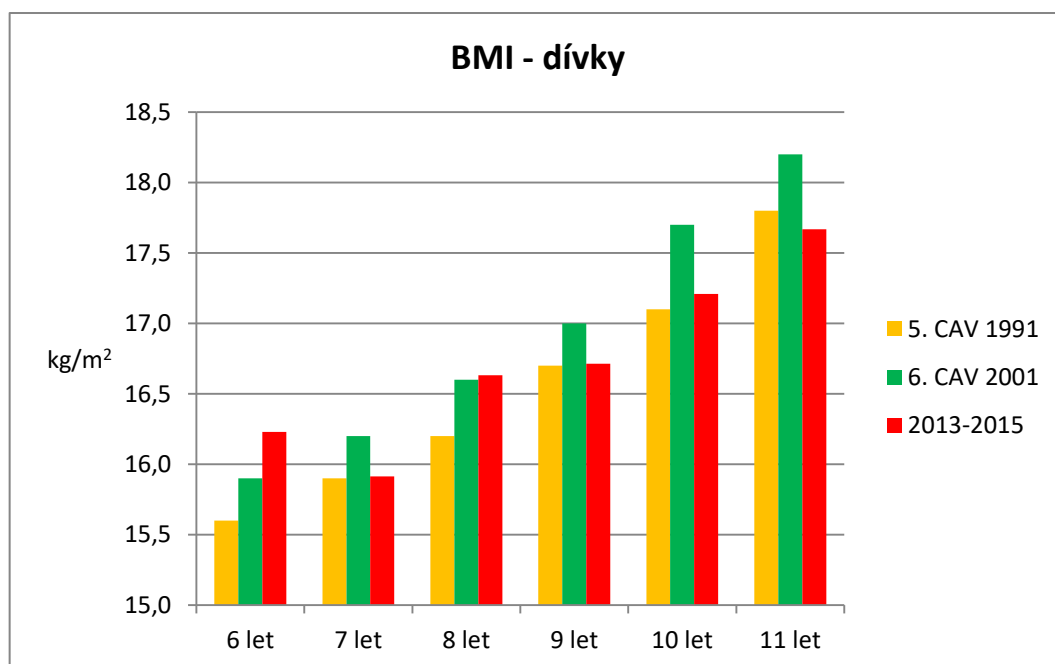
	<b>5. CAV 1991</b>	<b>6. CAV 2001</b>	<b>2013-2015</b>
<b>6 let</b>	15,8 (± 1,8)	16,0 (± 2,0)	15,5 (± 1,9)
<b>7 let</b>	15,9 (± 1,9)	16,3 (± 2,2)	15,9 (± 2,1)
<b>8 let</b>	16,3 (± 2,0)	16,9 (± 2,3)	16,7 (± 2,5)
<b>9 let</b>	16,8 (± 2,3)	17,3 (± 2,7)	17,2 (± 2,6)
<b>10 let</b>	17,4 (± 2,6)	17,9 (± 2,9)	17,7 (± 3,0)
<b>11 let</b>	17,9 (± 2,7)	18,3 (± 3,0)	18,2 (± 3,0)

*Poznámka: v závorce směrodatná odchylka (SD).*

Při porovnání hodnot BMI u dívek s 6. CAV jsme došli k závěru, že u sledovaných souborů dívek je situace podobná jako u chlapců. Srovnání s 5. CAV představuje nárůst průměrných hodnot BMI u našich dívek, s výjimkou 7 a 9letých. Nejvíce se od sebe odlišovaly dívky ve věku 6 let, a to o 0,6 kg/m<sup>2</sup>. Totožné hodnoty se pak vyskytují u 7letých a 9letých děvčat. Souhrnné výsledky zmíněných šetření prezentuje tabulka 14.

Srovnání s 6. CAV prokázal následující stav: Ve věku 6 let mají naše dívky hodnotu BMI o 0,3 kg/m<sup>2</sup> vyšší. S výjimkou v 8 letech, kdy se od sebe průměry obou výzkumů od sebe neliší, měly dívky z 6. CAV hodnoty vždy vyšší, avšak maximálně od 0,5 kg/m<sup>2</sup> (Obrázek 34). Všechny hodnoty sledovaného souboru dívek lze označit za průměrné, protože normalizační indexy se pohybovaly v rozmezí od -0,18 do 0,16 (Tabulka 22 v příloze).





Obrázek 34. Srovnání průměrných hodnot sledovaného souboru s výsledky 5. a 6. Celostátního antropologického výzkumu v parametru BMI u dívek

Tabulka 14. Průměrné hodnoty BMI dívek 5. a 6. CAV a našeho sledovaného souboru (kg/m<sup>2</sup>)

	5. CAV 1991	6. CAV 2001	2013-2015
<b>6 let</b>	15,6 (± 1,8)	15,9 (± 2,1)	16,2 (± 2,3)
<b>7 let</b>	15,9 (± 2,1)	16,2 (± 2,3)	15,9 (± 2,3)
<b>8 let</b>	16,2 (± 2,3)	16,6 (± 2,4)	16,6 (± 2,5)
<b>9 let</b>	16,7 (± 2,4)	17,0 (± 2,6)	16,7 (± 2,9)
<b>10 let</b>	17,1 (± 2,6)	17,7 (± 2,8)	17,2 (± 2,9)
<b>11 let</b>	17,8 (± 2,7)	18,2 (± 3,0)	17,7 (± 2,7)

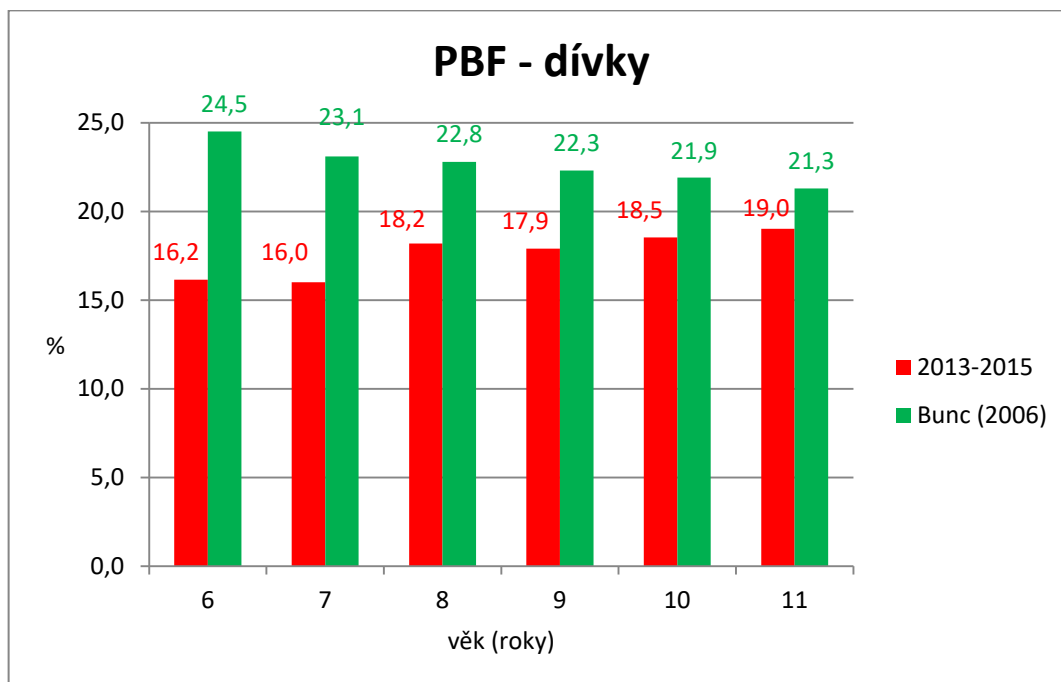
*Poznámka: v závorce směrodatná odchylka (SD).*

### Tělesný tuk

Optimální hodnoty procentuálního podílu tukové složky na hmotnosti (PBF) se pro dívky mladšího školního věku nachází mezi 15–29 % (GMON, n. d.). Můžeme tedy říci, že průměrné hodnoty všech našich skupin se jeví jako ideální a respektují doporučení.

Dále můžeme náš soubor srovnat s výsledky výzkumu, který v roce 2006 publikoval Bunc (Bunc, 2006). Pro hodnocení tělesného složení použil multifrekvenční celotělovou bioimpedanční metodu. Avšak měřicí tetrapolární přístroj se od našeho lišil. Buncovo měření

probíhalo vleže, kdy byly odpor a reaktance snímány na pravé straně těla za využití čtyř frekvencí (1, 5, 50 a 100 kHz). Dvě elektrody byly umístěny na ruku a dvě na chodidlech. Celkem byla získána data od 479 dívek ve věku od 6 do 14 let o různé úrovni aerobní kondice. Ve všech věkových kategoriích (pro naše účely bereme v úvahu pouze skupiny 6–11 let) jsou průměrné hodnoty sledovaného dívčího souboru nižší, ale s rostoucím věkem můžeme pozorovat jejich postupné zvyšování (Obrázek 35). U Bunce (2006) se však průměrné hodnoty s rostoucím věkem snižují. Bunc předpokládá, že PBF se v průběhu dětství pomalu snižuje po skokovém nárůstu v předškolním věku. Můžeme se domnívat, že důvodem rozdílu oproti našemu pozorování bylo zkoumání menšího vzorku a využití rozdílné metody měření BIA (v roce 2006).

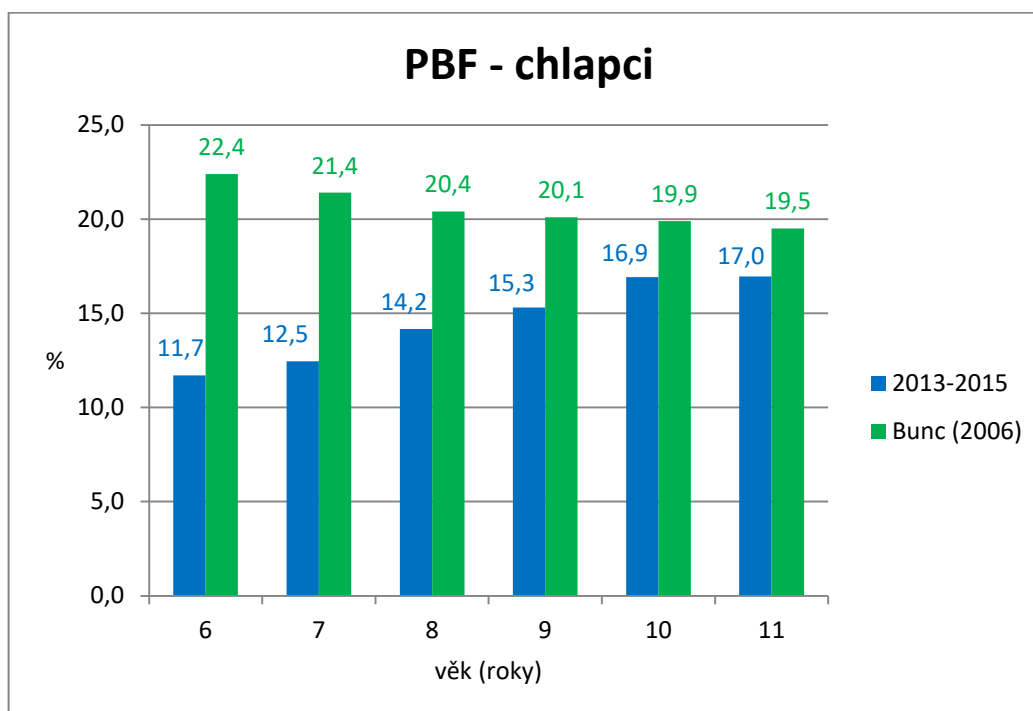


Obrázek 35. Srovnání průměrných hodnot PBF u dívek sledovaného souboru a Bunce (2006)

GMON (n. d.) uvádí průměrné hodnoty PBF pro chlapce v rozmezí od 13 do 23 %. Hodnoty našeho souboru se ve věku 6 a 7 let pohybují pod hranici optimálních hodnot. V ostatních věkových kategoriích jsou již průměrné hodnoty v normě.

Obdobně jako u dívek provedeme srovnání sledovaného souboru chlapců s výsledky, které publikoval Bunc (2006). Ten do svého šetření zahrnul 756 hochů ve věku 6 až 14 let o různém stupni aerobní zdatnosti (pro potřeby srovnání využijeme kategorie ve věku 6 až 11 let). Průměrné hodnoty našich chlapců byly vždy výrazně nižší a s rostoucím věkem se zvyšovaly. Naproti tomu hodnoty Buncova souboru se v období 6 až 11 let snižovaly

(Obrázek 36). Opět předpokládáme, že rozdílnost výsledků byla dána odlišnou metodou měření BIA, případně i nižším množstvím probandů.



Obrázek 36. Srovnání průměrných hodnot PBF u chlapců sledovaného souboru a Bunce (2006)

Ačkoliv se průměrné hodnoty PBF u obou pohlaví u Bunce (2006) s věkem postupně snižovaly, tak potvrdily naše zjištění, že u dívek je zastoupení PBF vyšší než u chlapců.

V USA zkoumali Janz, Kwon, Letuchy, Eichenberger Gilmore, Burns, Torner, Willing a Levy (2009) vliv pohybové aktivity na množství tělesného tuku u dětí. Celkem 333 dětí (148 chlapců a 185 dívek) podstoupilo v průběhu 6 let 3 měření (ve věku 5, 8 a 11 let), kdy pro stanovení hodnot tělesného tuku bylo využito DXA (dual-energy x-ray absorptimetry). S naším souborem můžeme porovnat hodnoty získané ve věku 8 a 11 let. Zajímavé je, že hodnoty PBF se jak u dívek, tak i u chlapců oproti našemu šetření výrazně odlišují. Například v 8 letech u amerického chlapeckého souboru dosáhla hodnota 22,0 % ( $\pm 8,7$  %), tedy rozdíl v porovnání s českým 8letým souborem je téměř 8%. V dívčích souborech je situace velmi podobná. Janz et al. (2009) kromě PBF zjišťovali i množství tělesného tuku v kg (BFM). V porovnání s našimi hodnotami jsme zaznamenali v jejich výsledcích výrazně vyšší zastoupení BFM u dětí ve věku 8 a 11 let. Rozdílnost je zřejmě způsobena využitím odlišných metod stanovení tělesného tuku.

## Kosterní svalstvo (SMM)

V roce 2012 proběhlo ve Velké Británii šetření (McCarthy, Samani-Radia, Jebb, & Prentice, 2014), kdy bylo dětem a mladistvým změřeno tělesné složení, mimo jiné i množství kosterního svalstva. Zjištění hodnot tělesného složení proběhlo na základě bioimpedanční analýzy, kdy bylo pro měření využito přístroje o jednotné frekvenci Tanita BC-418MA. Ačkoliv zde byly použity rozdílné věkové kategorie (5-7 let, 8-10 let, 11-13 let, atd.), můžeme z porovnání průměrných hodnot usoudit, že naše dívky i chlapci měly větší množství svalové hmoty. Ovšem právě odlišné věkové kategorizaci lze připisovat rozcházení se s našimi průměrnými hodnotami, protože v jedné kategorii u McCarthyho et al (2014). jsou v některých případech obsaženy tři naše věkové kategorie, nebo do ní spadají i věkové kategorie námi nepoužité (5 let, 12 let, 13 let). Proto dochází i ke snížení všech průměrných hodnot, protože vzorek v jedné McCarthyho kategorii měl větší rozptyl hodnot. Dalším faktorem, jenž mohl zapříčít rozcházení se s našimi výsledky je použití pouze jedné frekvence proudu u BIA analyzátoru. Průměrné hodnoty tělesné výšky, hmotnosti a množství kosterního svalstva u McCarthyho et al. (2014) jsou uvedeny v tabulce 15. Šetření z roku 2012 pak potvrdilo naše zjištění, že zastoupení SMM u dívek je nižší než u chlapců ve stejných věkových kategoriích.

Tabulka 15. Průměrné hodnoty tělesné výšky, hmotnosti a množství kosterního svalstva dle McCarthyho et al. (2014)

Pohlaví	Věková kategorie	Výška (cm)	Hmotnost (kg)	SMM (kg)
Dívky	5 – 7 let	120,2 (± 7,4)	22,5 (± 5,2)	6,1 (± 1,4)
	8 – 10 let	136,5 (± 7,7)	34,0 (± 9,4)	9,1 (± 2,5)
	11 – 13 let	153,2 (± 8,3)	45,4 (± 9,6)	12,8 (± 3,0)
Chlapci	5 – 7 let	121,6 (± 7,6)	23,0 (± 5,3)	6,3 (± 1,8)
	8 – 10 let	138,0 (± 7,3)	33,8 (± 8,9)	10,0 (± 2,9)
	11 – 13 let	153,9 (± 9,1)	45,6 (± 11,0)	14,8 (± 3,8)

*Poznámka: uvedené hodnoty představují průměrné hodnoty (M); hodnoty v závorce představují směrodatnou odchylku (SD); SMM = skeletal muscle mass*

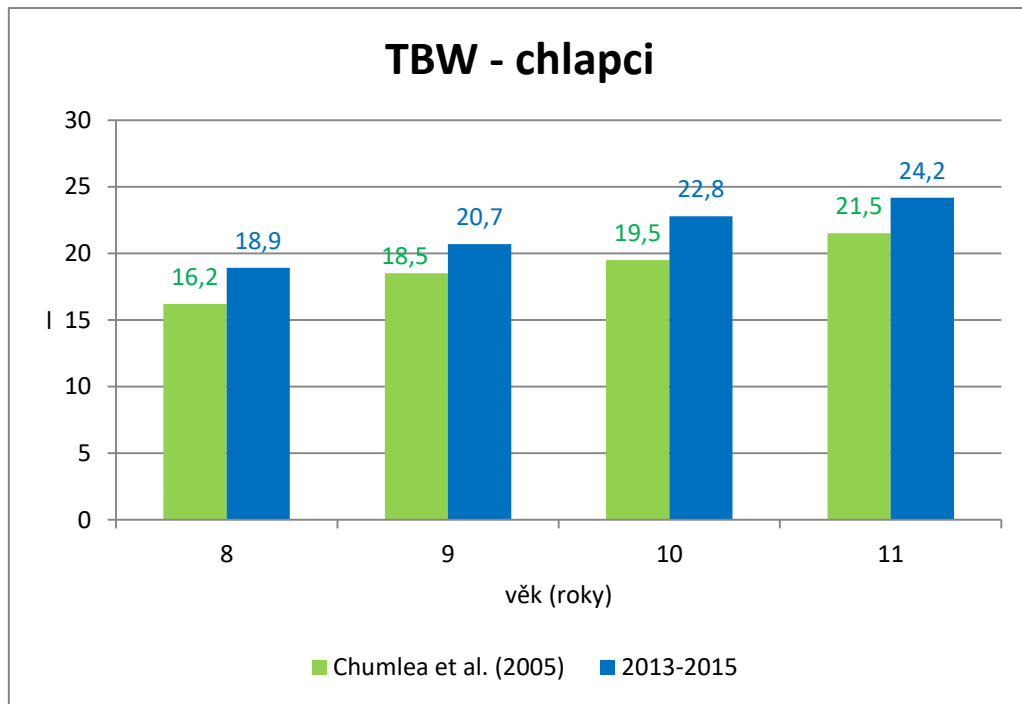
### **Tukuprostá hmota (FFM)**

Výsledky 10 a 11letých dětí můžeme porovnat s výsledky šetření, které proběhlo v letech 2009 až 2011 v Koreji (Kim, Hong, & Kim, 2016). U dětí ve věku 10 až 18 let bylo zjištěno tělesné složení pomocí několika technik (magnetická rezonance, DXA, BIA, počítačová tomografie, atd.). U korejských chlapců bylo zastoupení FFM 25,8 kg ( $\pm 0,5$  kg) pro 10leté a 29,8 kg ( $\pm 0,5$  kg) pro 11leté. Korejské dívky ve věku 10 let měly hodnotu FFM (24,2 kg ( $\pm 0,5$  kg)) nižší než o rok starší děvčata (27,8 kg ( $\pm 0,5$  kg)). Můžeme tedy konstatovat, že průměrné zastoupení FFM je u našeho souboru vyšší než u korejského. Srovnání potvrdilo naše zjištění, že se množství FFM s rostoucím věkem zvyšuje a že s přihlédnutím k pohlaví nalezneme vyšší průměrné hodnoty FFM u chlapců.

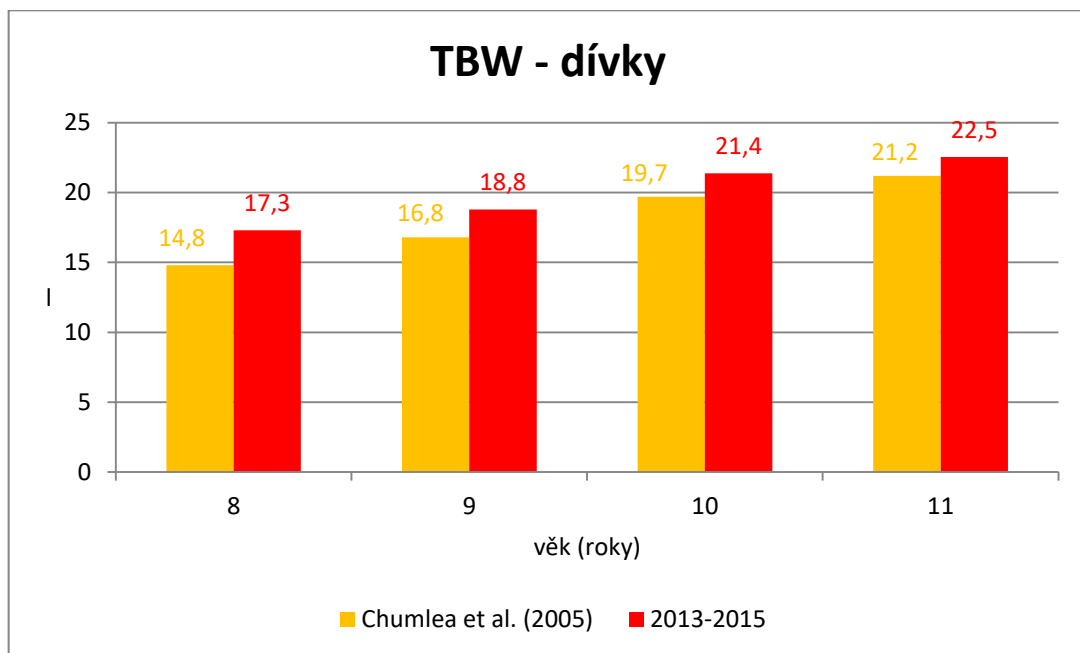
Britská studie zkoumala tělesné složení u dětí ve věku 8 let (Wells & Cole, 2002). Pro stanovení hodnoty FFM byly využity metoda výpočtu z TBW (Total body water), zjištěné pomocí diluce. I v tomto případě měli chlapci vyšší zastoupení FFM než dívky. V porovnání s naším 8letým souborem jsou hodnoty britského souboru u obou pohlaví výrazně nižší.

### **Celková tělesná voda (TBW)**

V roce 2005 využili Chumlea, Schubert, Reo, Sun, a Siervogel výsledků z předchozí longitudinální studie pro stanovení predikčních rovnic zaměřených na pohlaví. Sledovaným souborem byly děti a adolescenti ve věkovém rozmezí 8 až 10 let. Pro získání hodnot TBW byla využita diluční metoda. Z výsledků vyplývá, že objem TBW je u chlapců signifikantně vyšší než u dívek. V našem šetření jsme došli k obdobnému závěru u dětí ve věku 8 a 9 let. Při vzájemném porovnání průměrných hodnot u 4 překrývajících se kategorií (8, 9, 10 a 11 let) se vyšší zastoupení TBW u chlapců i dívek vyskytovalo v našem sledovaném souboru. Dále můžeme konstatovat, že výsledky Chumlea et al. (2005) potvrzují zvyšování hodnot TBW s rostoucím věkem. Srovnání průměrných hodnot je znázorněno na obrázcích 37 a 38.



Obrázek 37. Srovnání průměrných hodnot TBW chlapců u sledovaného souboru a Chumley et al. (2005)



Obrázek 38. Srovnání průměrných hodnot TBW dívek u sledovaného souboru a Chumley et al. (2005)

### **Body cell mass (BCM), ECM/BCM poměr**

V průběhu roku 2001 proběhlo v Itálii měření 464 zdravých dětí (225 chlapců a 239 dívek) ve věku 8 let (Giuda, Pietrobelli, Trio, Laccetti, Falconi, Perrino, Principato, Pecoraro, 2008). V rámci šetření bylo tělesné složení zjišťováno za pomoci několika metod (antropometrická měření, BIA, měření tloušťky kožních řas). Pro stanovení hodnot za využití BIA byl použit monofrekvenční tetrapolární analyzátor, kdy se testovaný jedinec nacházel ve vodorovné poloze. U obou pohlaví byl výzkumný soubor následně rozdělen do tří podkategorií na základě definice obezity (podle BMI) – normální váha, nadváha a obezita. Jedním ze sledovaných parametrů bylo zastoupení BCM. U chlapců byla průměrná hodnota BCM v jednotlivých skupinách následující: normální váha 11,5 kg ( $\pm$  2,8 kg), nadváha 12,6 kg ( $\pm$  3,1 kg) a obezita 14,2 kg ( $\pm$  3,2 kg). U dívčího souboru pak dosáhlo BCM hodnoty 10,2 kg ( $\pm$  1,2 kg) u normální váhy, 11,5 kg ( $\pm$  2,2 kg) u dívek s nadváhou a 13,0 kg ( $\pm$  2,7 kg) u obézních děvčat. Zastoupení BCM u námi sledovaných 8letých hochů bylo 16,8 kg, u stejně starých dívek pak dosáhlo hodnoty 15,3 kg. U obou pohlaví námi zjištěné hodnoty převyšují průměrné hodnoty obézní kategorie v italském šetření. Rozdíl může být dán odlišnou měřicí metodou. Další možnou příčinou je vyšší zastoupení tukuprosté hmoty (FFM) a nižší zastoupení tukové hmoty (BFM) u českých dětí. Ovšem i přes rozdílnost ve výsledcích můžeme konstatovat, že i v italském šetření chlapecká kategorie převyšovala dívčí soubor v množství BCM.

Bunc (2006) zjistil ve své studii, při níž využil obdobnou metodu BIA jako Giuda et al. (2008), že průměrná hodnota BCM u dívek věku 10 let ( $10,1 \pm 2,9$  let) je 14,6 kg ( $\pm$  3,6 kg). Při srovnání s našimi skupinami zjistíme, že nejbližše se přibližuje kategorie 7letých; skupina 6letých je mírně pod tímto průměrem a kategorie 10 a 11 let jsou výrazně nad ním. U 10letých chlapců ( $10,1 \pm 2,8$  let) v Buncově souboru dosáhlo zastoupení BCM hodnoty 14,9 kg ( $\pm$  3,5 kg). Naše 10letá chlapecká kategorie tento průměr převyšuje o 5,3 kg.

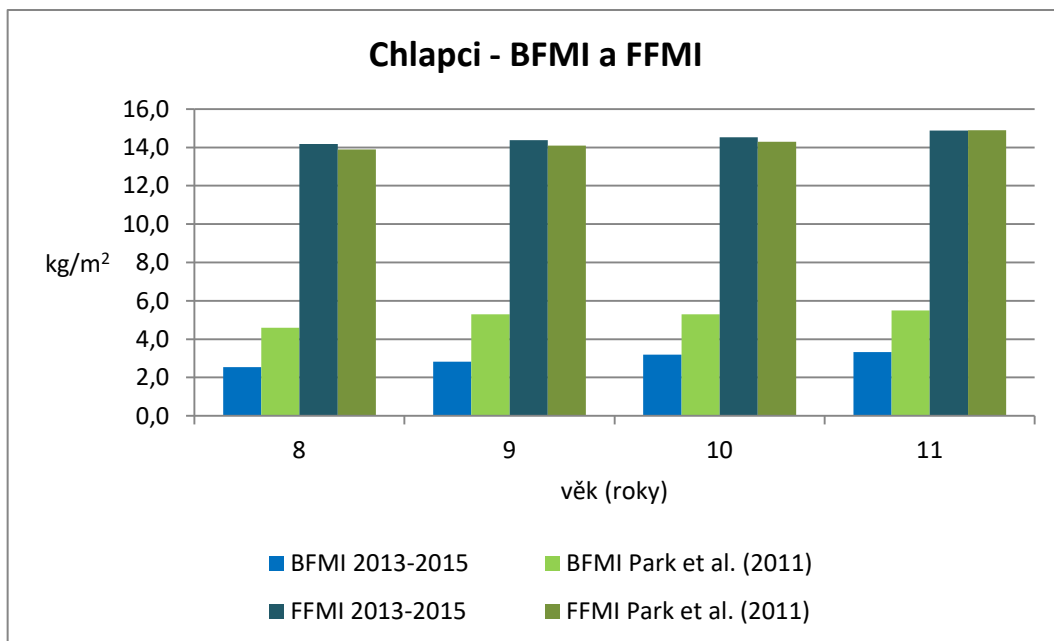
Bunc (2006) dále určil, že průměrná hodnota ECM/BCM poměru u dívek v jeho souboru byla 0,87 ( $\pm$  0,10). U našeho souboru byly hodnoty podstatně nižší. U tří nejmladších kategorií byly shodně 0,53, u tří nejstarších opět stejně 0,54. U chlapců je situace obdobná, protože zatímco průměr ECM/BCM indexu u Bunce dosáhl hodnoty 0,84 ( $\pm$  0,09), tak u našeho souboru se jeho hodnoty pohybovaly v rozmezí od 0,53 do 0,54. Můžeme konstatovat, že děti z námi sledovaného souboru budou mít lepší predispozice pro fyzicky náročná cvičení.

### **Body fat mass index (BFMI), Fat free mass index (FFMI)**

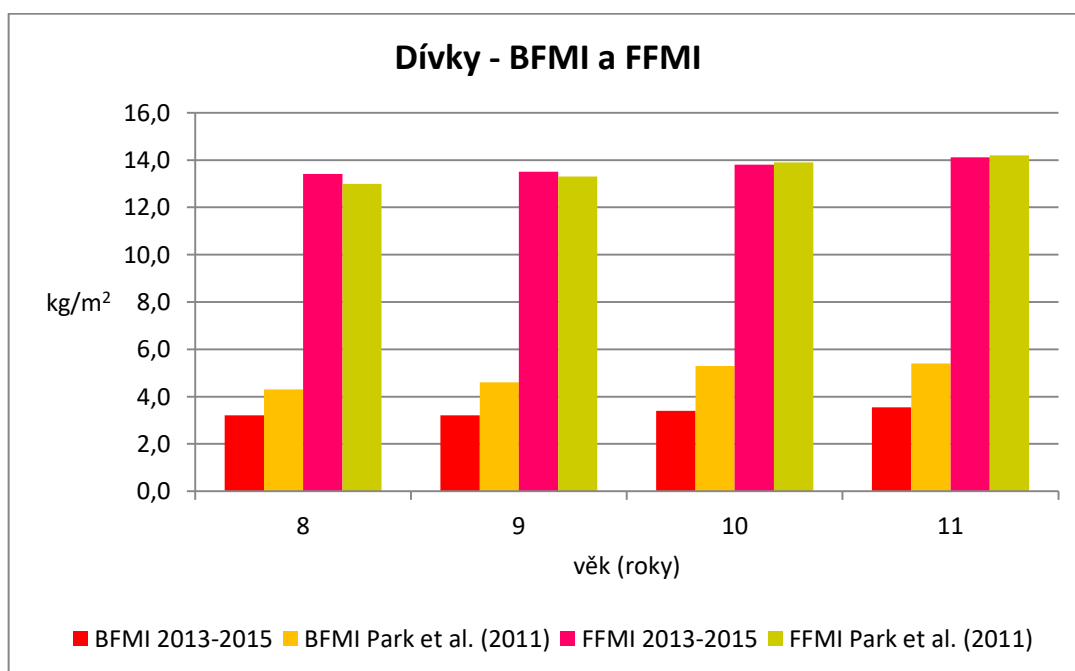
Body fat mass index lze využít pro predikci obezity a s ní spojených zdravotních komplikací.

Park, Park, Kim, Kim, a Chung (2011) zkoumali u korejských dětí pohlavní odlišnosti ve vztahu mezi BFMI a FFMI. Do své studie zahrnuli 965 zdravých dětí (501 chlapců a 464 dívek) ve věku 8 až 12 let, rozdělených do skupin podle školních ročníků (3. až 6. třída), kdy jednotlivé skupiny přibližně odpovídají našim věkovým kategoriím (8 až 11 let). Pro stanovení tukové a tukuprosté složky použili multifrekvenční analyzátor InBody J10. V diskuzi uvádí, že ačkoliv chlapci vykazovali vyšší hodnoty BMI, v tukové hmotě (BFM) se od dívek signifikantně neodlišovali, stejně jako v zastoupení PBF, FFMI a BFMI. Při srovnání s naším souborem dojdeme ke zjištění, že ve všech věkových kategoriích měli korejské děti vyšší hodnoty BFMI než české děti. Ovšem srovnání FFMI vykazovalo větší variabilitu u dívčích souborů. V našem souboru měly dívky ve věku 8 a 9 let zastoupení FFMI vyšší, ale ve starších kategoriích se vyšší hodnoty vyskytly u korejských dětí. U chlapců pak náš soubor převažoval, ale s rostoucím věkem se rozdíl zmenšoval, až se nakonec v rámci nejstarší kategorie průměrné hodnoty nelišily vůbec. Můžeme konstatovat, že korejská studie potvrdila naše zjištění, že u obou pohlaví se hodnoty BFMI i FFMI s rostoucím věkem zvyšují. Dále se závěry studie Parka et al. (2011) shodly s našimi výsledky ve skutečnosti, že dívky v jednotlivých věkových kategoriích mají nižší hodnoty FFMI než chlapci. Avšak u parametru BFMI mají korejští chlapci vyšší zastoupení než korejské dívky (s výjimkou v 10 letech, kdy jsou průměry totožné), zatímco v našem souboru tomu bylo naopak. Obrázky 39 a 40 představují grafické znázornění BFMI a FFMI srovnání našeho a korejského souboru. V tabulce 16 jsou vypsány průměrné hodnoty obou parametrů u korejských dětí.





Obrázek 39. Srovnání BFMI a FFMI našich chlapců s Parkem et al. (2011)



Obrázek 40. Srovnání BFMI a FFMI našich dívek s Parkem et al. (2011)

Tabulka 16. Průměrné hodnoty BFMI a FFMI u Parka et al. (2011)

<i>Pohlaví</i>	<i>Chlapci</i>		<i>Dívky</i>	
<b>Třída</b>	<b>BFMI</b>	<b>FFMI</b>	<b>BFMI</b>	<b>FFMI</b>
<b>3.</b>	4,6 (± 2,7)	13,9 (± 0,9)	4,3 (± 1,9)	13,0 (± 0,8)
<b>4.</b>	5,3 (± 2,6)	14,1 (± 1,1)	4,6 (± 2,0)	13,3 (± 1,0)
<b>5.</b>	5,3 (± 2,5)	14,3 (± 1,2)	5,3 (± 2,2)	13,9 (± 1,1)
<b>6.</b>	5,5 (± 2,6)	14,9 (± 1,4)	5,4 (± 2,3)	14,2 (± 1,4)

*Poznámka: v závorce uvedena směrodatná odchylka (SD)*

## 7 ZÁVĚRY

Z výsledkové části práce vyplývá, že nárůst tělesné hmotnosti probíhá v souladu s vývojem tělesné výšky. V obou parametrech byl nejvyšší nárůst zjištěn mezi dětmi ve věku 9 a 10 let. Chlapci byli ve všech věkových kategoriích vyšší než stejně stará děvčata. Největší rozdíl mezi pohlavími byl zaznamenán u 9letých dětí. Zajímavé je, že rozdíl mezi 10letými dětmi byl naopak nejmenší.

U hmotnosti byla situace podobná, s výjimkou u 6letých dětí, (kdy dívky převyšovaly chlapce) byla průměrná hodnota vyšší u chlapců. Také platí, že největší intersexuální difference se objevila mezi 9letými dětmi. U obou zmíněných parametrů jsme mezi pohlavími nenalezli statisticky významné difference.

Na základě srovnání tělesné výšky a tělesné hmotnosti s referenčními hodnotami 6. CAV můžeme označit zjištěné hodnoty dívek a chlapců za průměrné.

Od 8 chlapců se hodnoty BMI s rostoucím věkem relativně pravidelně zvyšují, u dívek došlo mezi 6. a 7. rokem k poklesu, ale v dalších věkových kategoriích hodnoty již narůstají. U tohoto parametru se dívky od chlapců signifikantně nelišily. Při srovnání s referenčními hodnotami jsme zjistili, že výsledky našeho souboru lze opět označit za průměrné.

Množství BFM se s narůstajícím věkem u obou pohlaví zvyšovalo. Zároveň můžeme konstatovat, že dívky měly oproti stejně starým chlapcům vždy vyšší zastoupení tukové složky, avšak s přibývajícím věkem se hodnoty chlapců i dívek k sobě přibližovaly, tedy mezipohlavní rozdíly se snižovaly. Ale ani u mladších skupin nepovažujeme intersexuální rozdíly BFM za statisticky významné.

V parametru PBF měli opět chlapci nižší hodnoty než dívky stejné věkové kategorie. Zatímco u chlapců se zastoupení PBF zvyšovalo relativně pravidelně, u dívek docházelo meziročně k poklesu i skokovým přírůstkům. Nejvíce se od sebe lišily děti ve věku 6 let, ale jediný signifikantní intersexuální rozdíl se vyskytl u 8letých dětí. Ve všech věkových kategoriích se zastoupení PBF se u obou pohlaví nachází v rozmezí optimálních hodnot, s výjimkou chlapců ve věku 6 a 7 let, kteří se pohybují pod touto hranicí.

U FFM a SMM došlo u obou pohlaví k meziročnímu zvyšování hodnot. Chlapci měli vždy vyšší zastoupení než dívky, u obou parametrů s největším rozdílem v 9 letech.

Množství TBW, ICW a ECW se s rostoucím věkem zvyšovalo a ve vyšším zastoupení se vyskytovalo u chlapců než u dívek. Obdobně jako u výšky, hmotnosti, kosterního svalstva i tukuprosté hmoty, tak i u těchto 3 parametrů se od sebe nejvíce a signifikantně lišily děti ve věku 9 let.

Ve věku 9 let se dále vyskytoval největší intersexuální rozdíl u ECM a BCM, jejichž průměrné hodnoty s věkem rostly. Ze získaných hodnot byl následně dopočítán poměr ECM/BCM. Jeho hodnoty se pohybovaly stabilně v rozmezí od 0,53 (pro dívky do věku 8 let, pro chlapce do 9 let) do 0,54.

V práci jsme se zabývali i indexy tělesného složení. BCMI a FFMI bylo ve vyšším zastoupení u chlapců než u dívek. U BFMI tomu bylo naopak. Zatímco hodnoty chlapců se u všech 3 indexů postupně rovnoměrně zvyšovaly, u dívek došlo v 7 letech k poklesu. U BCMI a FFMI se od sebe nejvíce liší děti ve věku 9 let, avšak s výjimkou 6letých dětí jsou i ostatní intersexuální rozdíly statisticky významné. U BFMI se největší rozdíl vyskytnul u nejmladší kategorie. Následně se s rostoucím věkem k sobě hodnoty přibližovaly. Ovšem všechny rozdíly BFMI jsou nevýznamné.

## 8 SOUHRN

Hlavním cílem diplomové práce bylo srovnání intersexuálních rozdílů vybraných parametrů tělesného složení u dětí mladšího školního věku. Data byla získaná na základě měření, která probíhala na vybraných základních školách Olomouckého kraje v letech 2013 až 2015. Sledovaný soubor obsahoval celkem 1628 dětí (z toho 871 dívek a 757 chlapců) ve věkové kategorii mladšího školního věku, tedy od 6 do 11 let. U obou pohlaví byl soubor následně rozdělen do 6 kategorií.

Pro získání dat parametrů tělesného složení byl použit přístroj InBody 720, který funguje na principu bioelektrické impedanční analýzy. Výška byla měřena pomocí standardního antropometru. Měření probíhalo ve školním prostředí v průběhu dopoledního hodin. Probandi měli lehké oblečení a žádnou obuv. Zákonní zástupci byli předem seznámeni se záměrem výzkumu, podepsali informovaný souhlas a spolu s učiteli byli poučeni o zásadách pro správné měření.

Průměrné hodnoty tělesné výšky a tělesné hmotnosti se u dívek i chlapců s rostoucím věkem relativně rovnoměrně zvyšovaly. Celkově došlo u tělesné výšky k nárůstu 22,2 cm u dívek a 22,3 cm u chlapců. Ve všech věkových kategoriích chlapci převyšovali dívky. Nejvíce (o 2,3 cm) se od sebe pohlaví odlišovala v 9 letech. U tělesné hmotnosti, s výjimkou v 6 letech, měli hoši vyšší hodnoty než dívky. Průměrné hodnoty se u dívek pohybovaly v rozmezí 25,5 kg až 38,4 kg, u chlapců od 24,8 kg do 40,3 kg. Ve věku 9 let byl intersexuální rozdíl 2,0 kg. Ovšem u obou parametrů byly difference mezi chlapci a dívkami statisticky nevýznamné, tudíž můžeme říci, že se děvčata od stejně starých chlapců v oblasti tělesné hmotnosti a výšky výrazně nelišila. Na základě srovnání s referenčními údaji z 6. CAV lze výsledky našeho sledovaného souboru označit za průměrné.

U parametru BMI se nejvíce lišily děti v nejmladší věkové kategorii, ovšem ani jeden rozdíl nebyl signifikantní. Zajímavé je, že ve věku 6 let byla průměrná hodnota BMI vyšší u dívek, v následující kategorii se děti navzájem rovnaly a od 8 let již bylo BMI vyšší u chlapců. Při srovnání s referenčními hodnotami se hodnoty našeho souboru jeví jako průměrné.

Na základě stanoveného dílčího cíle jsme hodnotili tělesný tuk, jehož zastoupení bylo ve všech věkových skupinách vyšší u dívčího souboru. Celkově se množství tukové hmoty (BFM) zvýšilo u chlapců z 3,1 kg na 7,5 kg, u dívek z 4,5 kg na 7,7 kg. S rostoucím věkem se průměrné hodnoty obou pohlaví k sobě přibližovaly, tudíž se nejvíce lišily nejmladší kategorie. Ovšem ani jeden z rozdílů nepovažujeme za signifikantní. Obdobná situace byla i s procentuálním vyjádřením podílu tokové složky na celkové tělesné hmotnosti

(parametr PBF). I zde bylo vyšší zastoupení zjištěno u dívek a největší rozdíl mezi dětmi ve věku 6 let. Ale na rozdíl od BFM hodnotíme diferenci mezi 8letými dětmi za statisticky významnou. Tím pádem jsme potvrdili hypotézu č. 1, protože ze statistického hlediska se zastoupení tukové hmoty mezi dívkami a chlapci ve věku 8 let lišilo.

Druhým dílčím cílem bylo srovnání zastoupení tukuprosté hmoty (FFM) a kosterního svalstva (SMM). V obou parametrech byly vyšší průměrné hodnoty zjištěny u chlapců než u dívek. Největší intersexuální rozdíl se objevil shodně u dětí ve věku 9 let. U SMM pak můžeme konstatovat, že ze statistického hlediska se mezi sebou významně liší 8leté a 9leté děti. Ovšem ani jeden rozdíl mezi chlapci a dívkami u FFM nelze považovat za signifikantní. Proto můžeme zamítnout hypotézu č. 2, protože neexistují intersexuální rozdíly v zastoupení FFM u dětí mladšího školního věku. Naopak můžeme potvrdit hypotézu č. 3, protože intersexuální rozdíly v zastoupení SMM existují.

Dále můžeme potvrdit i hypotézu č. 4, protože existují intersexuální rozdíly v zastoupení celkové tělesné vody (TBW). Opět se u dívek vyskytovaly nižší průměrné hodnoty TBW než u chlapců, ale u obou pohlaví došlo se zvyšujícím se věkem k jejich nárůstu. Nejvíce a signifikantně se od sebe lišily 9leté děti; další statisticky významná diference byla zjištěna u dětí 8letých.

Jako třetí dílčí cíl jsme si stanovili v závislosti na věku popsat rozdíly mezi chlapci a dívkami u indexů tělesného složení (BCMI, BFMI a FFMI). Dívky měly vyšší průměrné hodnoty zastoupeny u BFMI, u zbylých dvou indexů byly hodnoty vyšší u chlapců. V průběhu růstu došlo v chlapeckém souboru k relativně pravidelnému zvyšování hodnot všech tří indexů. U dívek nastalo mezi 6. a 7. rokem snížení průměrných hodnot, avšak následované už jen nárůstem. Obdobně jako u tukové hmoty se největší, avšak statisticky nevýznamný, mezipohlavní rozdíl u BFMI objevil hned u nejmladší kategorie. S rostoucím věkem se hodnoty dívek a chlapců k sobě blížily. BCMI a FFMI měly nejvyšší intersexuální diferenci mezi dětmi ve věku 9 let. S výjimkou 6letých dětí považujeme všechny rozdíly BFMI a FFMI mezi dívkami a chlapci za signifikantní.

V posledním dílčím cíli jsme se zjišťovali rozdíly poměru ECM/BCM s ohledem na pohlaví. U obou souborů se hodnoty ECM/BCM poměru shodně pohybovaly v rozmezí od 0,53 do 0,54. Jediná odlišnost mezi dívkami a chlapci se vyskytla v kategorii 9 let. Lze tedy konstatovat, že v rámci našeho souboru se poměr ECM/BCM příliš neměnil. Na základě srovnání s dalším výzkumem můžeme předpokládat, že naše děti mají oproti ostatním lepší predispozice k tělesnému cvičení.

## 9 SUMMARY

The main purpose of the thesis was the comparison of intersexual differences in selected parameters of body composition. The studied subjects were younger-school-aged children. The data were obtained on the basis of measurements, which took place at the chosen primary schools of the Olomouc region in years from 2013 to 2015. The study included 1628 children (871 girls and 757 boys) of the younger-school-age category, which means children from 6 to 11 years old. According to age the studied file was divided into 6 sub-categories for each gender.

We used an InBody 720 analyser to collect values of each parameter of body composition. It works on the principle of the bioelectrical impedance analysis. The body height was measured with standardized anthropometry technique. The measurements took place in the school environment during morning lessons. Tested subjects wore light clothes and were barefoot. Parents (or legal guardians) were informed in advance about purpose of the study, signed an informed consent and together with teacher were instructed about the principles of correct measurement.

The average values of body height and body weight in both girls and boys grew relatively evenly with increasing age. The total increase of body height from 6 to 11 years was 22,5 cm for girls and 22,3 cm for boys. The boys outgrew girls in every age-category. We found out, that the sexes differed the most at the age of 9. The higher values of body weight in each category were noted in boys, with one exception at the age of 6 years, when girls weighed more than boys. The average values ranged from 25,5 kg to 38,4 kg for girls, and from 24,8 kg to 40,3 kg for boys. At the age of 9 was again noted the biggest difference between sexes. But in both parameters the intersexual differences were statistically not significant; therefore we can say the girls did not differ from boys considerably in body height and weight. Based on the comparison between our results and the reference data from the 6<sup>th</sup> National Anthropological Research (2001) can be our values described as average.

The youngest age category was the most diverged in the BMI parameter. However neither difference between boys and girls was significant. It is an interesting fact, that at the age of 6 was the average value higher in girls than boys, but the 7 years old children did not differ at all. But in the next categories were the BMI values higher in boys. After comparison with the 6<sup>th</sup> National Anthropological Research can be our subjects's results labelled as average.

One of the partial aims of this thesis was to rate body fat mass. Its amount was always higher in girls. Totally the BFM increased from 3,1 kg to 7,5 kg in group of boys and from

4,5 kg to 7,7 kg in girls. With the increasing age the average values were getting closer to each other, so the biggest difference was spotted in the youngest category. However none of the intersexual difference was statistically significant again. It was similar with the percentage of the body fat mass (PBF). Even here were the values higher in the group of girls. Again, the youngest children were the one group, in which they were the most differed from each other. But unlike BFM, in the PBF parameter we rate the intersexual difference between 8 years old children as significant. Thus we confirmed hypothesis n. 1, because one statistically significant intersexual difference in amount of body fat exists among 8 years old children.

Second partial aim of this paper was to compare amount of fat free mass (FFM) and skeletal muscle mass (SMM). In both parameters were higher values detected in boys than girls. The biggest intersexual differences were found identically among 9 years old children. We can say, that 8 and 9 years old girls differed significantly from boys in the SMM parameter. But neither intersexual difference of FFM was significant. Therefore we rejected hypothesis n. 2, because there are no intersexual differences in amount of FFM in the younger-school-aged children. On the contrary we confirmed hypothesis n. 3, because the intersexual differences in SMM do exist.

There are several differences between sexes in the amount of total body water (TBW), which are significant. Thus we can also confirm hypothesis n. 4. The minor average values were detected in the file of girls. With increasing age the values steadily grows in both girls and boys. The biggest and significant difference was found out at the age of 9; the 8 years old children differed significantly either.

As third partial aim we defined to describe, depending on age, the difference between boys and girls in the indexes of body composition (BCMI, BFMI and FFMI). The girls had higher average values of the BFMI, the rest two indexes had higher values in the file of boys. During the growth of boys all three indexes has been steadily increasing. In the girls file there was decrease between the age of 6 and 7, but it was followed only with increase. Similarly to fat mass, the youngest age category was the most differed in the BFMI, but the difference was not significant. With increasing age the average values of boys and girls got closer to each other. The BCMI and FFMI indexes had the biggest intersexual differences among 9 years old children. Except the 6 years category, we considered all the differences between boys and girls as significant.

The last partial aim was to detect differences in the ECM/BCM ratio according to sex. The values of the ECM/BCM ratio ranged consistently from 0,53 to 0,54. The only difference



between boys and girls occurred at the age of 9 years. We can state, the ECM/BCM ratio of our file did not differ much. After comparison with another study we can assume, that our children had better predisposition for physical exercise.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Allen, K. E., & Marotz, L. R. (2005). *Přehled vývoje dítěte od prenatálního období do 8 let*. Praha: Portál.
- Androutsos, O. Gerasimidis, K., Reilly, J. J., & Edwards, C. A. (2015). Impact of eating and drinking on body composition measurements by bioelectrical impedance. *Journal of human nutrition and dietetics*, 28(2), 165-171.
- Biodynamics (n. d.). *Understanding Body Composition: Mass and Fluid Compartments*. Retrieved 10. 6. 2016 from the World Wide Web: [www.biodyncorp.com/knowledgebase/body\\_model.html](http://www.biodyncorp.com/knowledgebase/body_model.html)
- Bunc, V. (2006). Body Composition as a Determining Factor in the Aerobic Fitness and Physical Performance of Czech Children. *Acta Gymnica*, 36(4), 39-45.
- Clark, N. (2014). *Sportovní výživa, třetí doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing.
- Dylevský, et al. (1997). *Pohybový systém a zátěž*. Praha: Grada Publishing.
- Encyclopedia of Children's Health (n. d.): *Gross motor skills*. Retrieved 9. 9. 2016 from the World Wide Web: <http://www.healthofchildren.com>
- Ganong, W. F. (2005). *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: Galén.
- Giuda, B., Pietrobelli, A., Trio, R., Laccetti, R., Falconi, C., Perrino, N. R., Pricipato, S., & Pecoraro, P. (2008). Body mass index and bioelectrical vector distribution in 8-year-old children. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 18, 133-141.
- GMON (n. d.). *Explanation to Register Body Values / Body Fat*. Retrieved 8. 9. 2016 from the World Wide Web: [http://gmon.eu/help/en/GMON\\_EN\\_BFM.pdf](http://gmon.eu/help/en/GMON_EN_BFM.pdf)
- Guedes, D. P. (2013). Clinical procedures used for analysis of the body composition. *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance*, 15(1), 113-129.
- Heyward, V. D., & Wagner, D. R. (2004). *Applied body composition assessment*. Champaign, Ill.: Human Kinetics.
- Horswill, C. A., Geeseman, R., Boileau, R. A., Williams, B. T., Layman, D. K., & Massey, B. H. (1989). Total-body electrical conductivity (TOBEC): relationship to estimate of

- muscle mass, fat-free weight, and lean body mass. *American Journal of Clinical Nutrition*, 49(4), 593-598.
- Hrazdira, I., & Mornstein, V. (2001). *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. Brno: Neptun.
- Hydratation for Health (n. d.). *Water and hydration: Physiological basis in Adults*. Retrieved 22. 4. 2016 from the World Wide Web://www.h4hinitiative.com/book/print/68
- Chumlea, W. C., Schubert, C. M., Reo, N. V., Sun, S. S., & Siervogel, R. M. (2005). Total body water volume for white children and adolescents and anthropometric prediction equations: The Fels Longitudinal Study. *Kidney International*, 68(5), 2317-2322.
- InBody (n. d.). *Katalog InBody 770*. Retrieved 30. 12. 2016 from the World Wide Web: [http://www.inbody.cz/katalog\\_inbody770.pdf](http://www.inbody.cz/katalog_inbody770.pdf)
- Janz, K. F., Kwon, S., Letuchy, E. M., Eichenberger Gilmore, J. M., Burns, T. L., Torner, J. C., Wiling, M. C., & Levy, S. M. (2009). Sustained Effect of Early Physical Activity on Body Fat Mass in Older Children. *American Journal of Preventive Medicine*, 37(1), 35-40.
- Julián-Almarcequi, C., Gómez-Cabello, A., Huybrechts, I., Gonzáles-Agüero, A., Kaufman, J. M., Casajús, J. A., & Vicente-Rodríguez, G. (2015). Combined effects of interaction between physical activity and nutrition on bone health in children and adolescents: a systematic review. *Nutrition Reviews*, 73(3), 127-139.
- Kim, K., Hong, S., & Kim, E. Y. (2016). Reference Values of Skeletal Muscle Mass for Korean Children and Adolescents Using Data from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2009-2011. *PLOS ONE*, 11(4), 1-10.
- Kopecký, M., Cymek, L., Matějovičová, B., & Charamza, J. (2013). *Základy fyzické antropologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J. C., Pirlich, M., Schols, A. M., & Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis – part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23(5), 1226-1243.
- Langmeier, J., & Krejčířová, D. (2006). *Vývojová psychologie*. Praha: Grada Publishing.

- Lebl, J., & Krásničanová, H. (1996). *Růst dětí a jeho poruchy*. Praha: Galén.
- Máček, M., & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.
- Machová, J. (2008). *Biologie člověka pro učitele*. Praha: Karolinum.
- Malá, L., Malý, T., Zahálka, F., & Bunc, V. (2014). *Fitness Assessment - Body Compositon*. Praha: Karolinum.
- McCarthy, H. D., Samani-Radia, D., Jebb, S. A., & Prentice, A. M. (2014). Skeletal muscle mass reference curves for children and adolescents. *Pediatric Obesity*, 9(4), stránky 249-259.
- Mohammadi, E., & Shakerian, S. (2010). Comparison of Body Composition Assessment in Women Using Skinfold Thickness Equations, Bioelectrical Impedance Analysis and Underwater Weighing. *Studies in Physical Culture and Tourism*, 17(3), 223-229.
- Monteiro, C., de Onis, M., Akre, J., & Clugston, G. (1993). The worldwide magnitude of protein-energy malnutrition: an overview from the WHO Global. *Bulletin of the World Health Organization*, 71(5), 703-712.
- Park, H., Park, K., Kim, M. H., Kim, G. S., & Chung, S. (2011). Gender Differences on Relationship between Fat-Free Mass Index and Fat Mass Index among Korean Children Using Body Composition Chart. *Yonsei Med J*, 52(6), 948-952.
- Pařízková, J., & Lisá, L. (2007). *Obezita v dětství a dospívání*. Praha: Galén.
- Pastucha, D., & et al. (2014). *Tělovýchovné lékařství*. Praha: Grada.
- Rhoades, R. A., & Bell, D. R. (2009). *Medical Physiology: Principles for Clinical Medicine*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Hanex.
- Sanders, G. J., Juvancic-Heltzel, J., Williamson, M. L., Roemmich, J. N., Feda, D. M., & Barkley, J. E. (2016). The Effect of Increasing Autonomy Through Choice on Young. *Journal of Physical Activity and Health*, 13(4), 428-432.

- Sedlak, P., Riedlová, J., Vignerová, J., Paulová, M., & Bláha, P. (2014). Růstové grafy – limity jejich aktuálního použití. *Pediatric pro praxi*(15), 113-116.
- Shahinpoor, M., Kim, K. J., & Mojarad, M. (2007). *Artificial Muscles - Application of Advanced Polymeric Nanocomposites*. Boca Raton: Taylor & Francis.
- Schutz, Y., Kyle, U. G., & Pichard, C. (2002). Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18-98 y. *International journal of obesity*, 26(7), 953-960.
- Sigmund, M., Psotta, R., & Agricola, A. (2015). Hodnocení zastoupení tělesného tuku metodou bioelektrické impedance u sportujících chlapců ve věku 7-18 let s ohledem na typ použitého analyzátoru. *Tělesná kultura*, 38(2), 49-62.
- Silbernagl, S., & Despopoulos, A. (2004). *Atlas fyziologie člověka*. Praha: Grada Publishing.
- Studium Psychologie (n. d.). *Etapy psychického vývoje: vstup dítěte do školy, mladší školní věk. Psychologická charakteristika těchto období, jejich význam pro další vývoj*. Retrieved 15. 10. 2016 from the World Wide Web: <http://www.studium-psychologie.cz>
- Talluri, A., Liedtke, R., Mohamed, E. I., Maiolo, C., Martinoli, R., & De Lorenzo, A. (2003). The application of body cell mass index for studying muscle mass changes in health and disease conditions. *Acta Diabetol*, 40, 286-289.
- Tanita (n. d.). *Understanding your Measurements*. Retrieved 20. 4. 2016 from the World Wide Web: <http://tanita.eu/help-guides/understanding-measurements>
- Vágnerová, M. (2005). *Vývojová psychologie I.: dětství a dospívání*. Praha: Karolinum.
- Velký lékařský slovník (2016). *Radiografie*. Retrieved 20. 4. 2016 from the World Wide Web: <http://lekarske.slovniky.cz/pojem/radiografie>
- Vignerová, J., & Bláha, P. (2001). *Sledování růstu českých dětí a dospívajících: Norma, vyhublost, obezita*. Praha: Státní zdravotní ústav, Univerzita Karlova v Praze.
- Vignerová, J., Riedlová, J., Bláha, P., Kobzová, J., Krejčovský, L., Brabec, M., & Hrušková, M. (2006). 6. Celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže 2001 Česká republika. Praha, Praha, Česká republika: PřF UK v Praze, SZÚ.

Walker, W. A., Watkins, J. B., & Duggan, C. (2003). *Nutrition in Pediatrics: Basic Science and Clinical Application*. London: BC Decker Inc.

Wells, J. C., & Cole, T. J. (2002). Adjustment of fat-free mass and fat mass for height in children aged 8 y. *International Journal of Obesity*, 26(7), 947-952.

WHO (n. d.) *Growth reference 5-19 years* Retrieved 30. 4. 2016 from the World Wide Web: [http://www.who.int/growthref/who2007\\_bmi\\_for\\_age/en/](http://www.who.int/growthref/who2007_bmi_for_age/en/)

## 11 PŘÍLOHA

### Seznam tabulek:

- Tabulka 1. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 6letých dětí
- Tabulka 2. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 7letých dětí
- Tabulka 3. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 8letých dětí
- Tabulka 4. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 9letých dětí
- Tabulka 5. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 10letých dětí
- Tabulka 6. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 11letých dětí
- Tabulka 7. Výsledky Scheffeho testu pro tělesnou hmotnost
- Tabulka 8. Výsledky Scheffeho testu pro BMI
- Tabulka 9. Výsledky Scheffeho testu pro BFM
- Tabulka 10. Výsledky Scheffeho testu pro PBF
- Tabulka 11. Výsledky Scheffeho testu pro TBW
- Tabulka 12. Výsledky Scheffeho testu pro ICW
- Tabulka 13. Výsledky Scheffeho testu pro ECW
- Tabulka 14. Výsledky Scheffeho testu pro SMM
- Tabulka 15. Výsledky Scheffeho testu pro BCM
- Tabulka 16. Výsledky Scheffeho testu pro ECM
- Tabulka 17. Výsledky Scheffeho testu pro tělesnou výšku
- Tabulka 18. Výsledky Scheffeho testu pro BCMI
- Tabulka 19. Výsledky Scheffeho testu pro BFMI
- Tabulka 20. Výsledky Scheffeho testu pro FFMI
- Tabulka 21. Srovnání tělesné výšky, hmotnost a BMI zkoumaného chlapeckého souboru s hodnotami 6. CAV s využitím normalizačních indexů
- Tabulka 22. Srovnání tělesné výšky, hmotnost a BMI zkoumaného dívčího souboru s hodnotami 6. CAV s využitím normalizačních indexů

Tabulka 1. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 6letých dětí

	<b>Dívky</b>		<b>Chlapci</b>	
<b>Počet (n)</b>	<b>68</b>		<b>48</b>	
<b>Parametry</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>
<b>Tělesná výška (cm)</b>	124,69	7,16	126,10	6,10
<b>Tělesná hmotnost (kg)</b>	25,51	6,43	24,84	4,67
<b>Body Mass Index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	16,23	2,30	15,51	1,93
<b>Tělesný tuk (kg)</b>	4,46	3,28	3,14	2,43
<b>Tělesný tuk (%)</b>	16,15	7,22	11,70	6,49
<b>Tukuprostá hmota (kg)</b>	21,06	3,60	21,70	2,91
<b>Svalová hmota (kg)</b>	10,55	2,15	10,92	1,74
<b>Extracelulární hmota (kg)</b>	7,28	1,24	6,10	0,81
<b>Buněčná hmota (kg)</b>	13,78	2,36	14,19	1,91
<b>Celková tělesná voda (l)</b>	15,52	2,63	16,00	2,14
<b>Body cell mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	8,81	0,67	8,88	0,55
<b>Fat free mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	13,47	0,96	13,58	0,82
<b>Body fat mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	2,76	1,67	1,93	1,41

Vysvětlivky: M – průměrná hodnota; SD – směrodatná odchylka



Tabulka 2. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 7letých dětí

	<b>Dívky</b>		<b>Chlapci</b>	
<b>Počet (n)</b>	<b>189</b>		<b>143</b>	
<b>Parametry</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>
<b>Tělesná výška (cm)</b>	127,72	6,97	128,72	6,58
<b>Tělesná hmotnost (kg)</b>	26,17	5,63	26,53	5,14
<b>Body Mass Index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	15,91	2,30	15,91	2,06
<b>Tělesný tuk (kg)</b>	4,51	3,14	3,54	2,71
<b>Tělesný tuk (%)</b>	16,00	7,53	12,46	6,68
<b>Tukuprostá hmota (kg)</b>	21,65	3,11	22,99	3,20
<b>Svalová hmota (kg)</b>	10,86	1,85	11,69	1,91
<b>Extracelulární hmota (kg)</b>	7,53	1,08	7,96	1,11
<b>Buněčná hmota (kg)</b>	14,13	2,03	15,04	2,09
<b>Celková tělesná voda (l)</b>	15,93	2,27	16,94	2,35
<b>Body cell mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	8,62	0,62	9,03	0,63
<b>Fat free mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	13,21	0,91	13,81	0,92
<b>Body fat mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	2,70	1,70	2,10	1,53

Vysvětlivky: M – průměrná hodnota; SD – směrodatná odchylka

Tabulka 3. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 8letých dětí

	<b>Dívky</b>		<b>Chlapci</b>	
<b>Počet (n)</b>	<b>201</b>		<b>180</b>	
<b>Parametry</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>
<b>Tělesná výška (cm)</b>	132,16	7,11	134,34	5,97
<b>Tělesná hmotnost (kg)</b>	29,19	5,81	30,40	6,50
<b>Body Mass Index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	16,63	2,54	16,72	2,54
<b>Tělesný tuk (kg)</b>	5,64	3,59	4,70	3,84
<b>Tělesný tuk (%)</b>	18,20	8,34	14,16	7,83
<b>Tukuprostá hmota (kg)</b>	23,55	3,37	25,70	3,57
<b>Svalová hmota (kg)</b>	11,97	1,99	13,30	2,14
<b>Extracelulární hmota (kg)</b>	8,21	1,25	8,90	1,23
<b>Buněčná hmota (kg)</b>	15,34	2,18	16,80	2,35
<b>Celková tělesná voda (l)</b>	17,30	2,47	18,92	2,64
<b>Body cell mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	8,75	0,63	9,27	0,75
<b>Fat free mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	13,42	0,94	14,18	1,09
<b>Body fat mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	3,21	2,04	2,54	1,91

Vysvětlivky: M – průměrná hodnota; SD – směrodatná odchylka

Tabulka 4. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 9letých dětí

	<b>Dívky</b>		<b>Chlapci</b>	
<b>Počet (n)</b>	<b>148</b>		<b>138</b>	
<b>Parametry</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>
<b>Tělesná výška (cm)</b>	137,13	7,28	139,47	7,00
<b>Tělesná hmotnost (kg)</b>	31,69	7,62	33,71	7,13
<b>Body Mass Index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	16,71	2,94	17,21	2,63
<b>Tělesný tuk (kg)</b>	6,14	4,56	5,59	4,27
<b>Tělesný tuk (%)</b>	17,91	8,24	15,31	8,08
<b>Tukuprostá hmota (kg)</b>	25,56	4,07	28,12	3,96
<b>Svalová hmota (kg)</b>	13,15	2,42	14,71	2,36
<b>Extracelulární hmota (kg)</b>	8,92	1,43	9,77	1,38
<b>Buněčná hmota (kg)</b>	16,64	2,65	18,35	2,59
<b>Celková tělesná voda (l)</b>	18,78	2,99	20,68	2,90
<b>Body cell mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	8,80	0,75	9,39	0,68
<b>Fat free mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	13,51	1,11	14,38	1,01
<b>Body fat mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	3,20	2,19	2,82	2,01

Vysvětlivky: M – průměrná hodnota; SD – směrodatná odchylka

Tabulka 5. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 10letých dětí

	<b>Dívky</b>		<b>Chlapci</b>	
<b>Počet (n)</b>	<b>148</b>		<b>127</b>	
<b>Parametry</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>
<b>Tělesná výška (cm)</b>	144,64	7,97	145,60	7,54
<b>Tělesná hmotnost (kg)</b>	36,36	8,73	37,99	9,48
<b>Body Mass Index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	17,21	2,94	17,72	3,05
<b>Tělesný tuk (kg)</b>	7,27	5,02	6,99	5,26
<b>Tělesný tuk (%)</b>	18,53	8,32	16,93	7,90
<b>Tukuprostá hmota (kg)</b>	29,09	4,83	31,01	5,21
<b>Svalová hmota (kg)</b>	15,22	2,86	16,39	3,13
<b>Extracelulární hmota (kg)</b>	10,19	1,70	10,82	1,79
<b>Buněčná hmota (kg)</b>	18,91	3,14	20,19	3,44
<b>Celková tělesná voda (l)</b>	21,37	3,54	22,78	3,84
<b>Body cell mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	8,97	0,75	9,46	0,94
<b>Fat free mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	13,81	1,13	14,53	1,38
<b>Body fat mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	3,40	2,17	3,19	2,13

Vysvětlivky: M – průměrná hodnota; SD – směrodatná odchylka

Tabulka 6. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 11letých dětí

	<b>Dívky</b>		<b>Chlapci</b>	
<b>Počet (n)</b>	<b>117</b>		<b>121</b>	
<b>Parametry</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>
<b>Tělesná výška (cm)</b>	147,00	7,46	148,37	7,14
<b>Tělesná hmotnost (kg)</b>	38,42	7,79	40,33	8,81
<b>Body Mass Index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	17,67	2,71	18,20	3,03
<b>Tělesný tuk (kg)</b>	7,74	4,64	7,46	5,59
<b>Tělesný tuk (%)</b>	19,02	8,20	16,95	8,96
<b>Tukuprostá hmota (kg)</b>	30,68	4,62	32,88	4,60
<b>Svalová hmota (kg)</b>	16,14	2,73	17,49	2,72
<b>Extracelulární hmota (kg)</b>	10,76	1,64	11,48	1,63
<b>Buněčná hmota (kg)</b>	19,92	3,00	21,40	2,98
<b>Celková tělesná voda (l)</b>	22,53	3,40	24,17	3,36
<b>Body cell mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	9,17	0,74	9,68	0,74
<b>Fat free mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	14,12	1,11	14,87	1,12
<b>Body fat mass index (kg/m<sup>2</sup>)</b>	3,55	2,06	3,33	2,37

Vysvětlivky: M – průměrná hodnota; SD – směrodatná odchylka

Tabulka 7. Výsledky Scheffeho testu pro tělesnou hmotnost (červeně zvýrazněny statisticky významné změny)

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná I28 (zs_2013_2014_2015_I_A_statistika)													
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 50,871, sv = 1616,0													
	I4	vekk	1 25,513	2 26,165	3 29,188	4 31,695	5 36,362	6 38,418	7 24,842	8 26,534	9 30,402	10 33,705	11 37,993	12 40,333
1	F	6		0,999999	0,263967	0,000276	0,000000	0,000000	1,000000	0,999962	0,017201	0,000000	0,000000	0,000000
2	F	7	0,999999		0,095339	0,000001	0,000000	0,000000	0,999796	1,000000	0,000684	0,000000	0,000000	0,000000
3	F	8	0,263967	0,095339		0,483761	0,000000	0,000000	0,213625	0,398090	0,993564	0,000614	0,000000	0,000000
4	F	9	0,000276	0,000001	0,483761		0,000927	0,000000	0,000486	0,000087	0,994370	0,893842	0,000000	0,000000
5	F	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000927		0,908312	0,000000	0,000000	0,000000	0,538669	0,980657	0,038214
6	F	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,908312		0,000000	0,000000	0,000000	0,003876	1,000000	0,960488
7	M	6	1,000000	0,999796	0,213625	0,000486	0,000000	0,000000		0,998394	0,018087	0,000000	0,000000	0,000000
8	M	7	0,999962	1,000000	0,398090	0,000087	0,000000	0,000000	0,998394		0,015892	0,000000	0,000000	0,000000
9	M	8	0,017201	0,000684	0,993564	0,994370	0,000000	0,000000	0,018087	0,015892		0,116553	0,000000	0,000000
10	M	9	0,000000	0,000000	0,000614	0,893842	0,538669	0,003876	0,000000	0,000000	0,116553		0,013633	0,000000
11	M	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,980657	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,013633		0,824747
12	M	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,038214	0,960488	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,824747	

Tabulka 8. Výsledky Scheffeho testu pro BMI (červeně zvýrazněny statisticky významné změny)

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná I43 (zs_2013_2014_2015_I_A_statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 6,9247, sv = 1616,0													
	I4	vekk	1 16,229	2 15,913	3 16,631	4 16,714	5 17,209	6 17,668	7 15,508	8 15,909	9 16,719	10 17,206	11 17,721	12 18,198
1	F	6		0,999990	0,999879	0,999505	0,840399	0,303765	0,998033	0,999993	0,999284	0,854216	0,221308	0,011692
2	F	7	0,999990		0,777301	0,740732	0,044344	0,000786	0,999969	1,000000	0,655167	0,057805	0,000199	0,000000
3	F	8	0,999879	0,777301		1,000000	0,966374	0,404886	0,793597	0,852871	1,000000	0,972667	0,272149	0,005227
4	F	9	0,999505	0,740732	1,000000		0,994781	0,659312	0,747308	0,814894	1,000000	0,995824	0,528992	0,032327
5	F	10	0,840399	0,044344	0,966374	0,994781		0,998529	0,176933	0,088791	0,992776	1,000000	0,995089	0,585065
6	F	11	0,303765	0,000786	0,404886	0,659312	0,998529		0,018624	0,002645	0,600347	0,998634	1,000000	0,996402
7	M	6	0,998033	0,999969	0,793597	0,747308	0,176933	0,018624		0,999980	0,711308	0,191931	0,010685	0,000195
8	M	7	0,999993	1,000000	0,852871	0,814894	0,088791	0,002645	0,999980		0,754024	0,107840	0,000862	0,000001
9	M	8	0,999284	0,655167	1,000000	1,000000	0,992776	0,600347	0,711308	0,754024		0,994287	0,459466	0,018974
10	M	9	0,854216	0,057805	0,972667	0,995824	1,000000	0,998634	0,191931	0,107840	0,994287		0,995484	0,606216
11	M	10	0,221308	0,000199	0,272149	0,528992	0,995089	1,000000	0,010685	0,000862	0,459466	0,995484		0,998354
12	M	11	0,011692	0,000000	0,005227	0,032327	0,585065	0,996402	0,000195	0,000001	0,018974	0,606216	0,998354	

Tabulka 9. Výsledky Scheffeho testu pro BFM - absolutní hmotnosti tělesného tuku (červeně zvýrazněny statisticky významné změny)

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná I34 (zs_2013_2014_2015_I_A_statistika)													
	I4	vekk	1 4,4574	2 4,5122	3 5,6378	4 6,1358	5 7,2716	6 7,7368	7 3,1396	8 3,5420	9 4,6989	10 5,5891	11 6,9866	12 7,4545
1	F	6		1,000000	0,967680	0,753302	0,032095	0,005591	0,992972	0,997543	1,000000	0,985084	0,132333	0,021593
2	F	7	1,000000		0,791231	0,323072	0,000168	0,000012	0,965316	0,956373	1,000000	0,914578	0,005315	0,000146
3	F	8	0,967680	0,791231		0,999864	0,289555	0,067367	0,239990	0,033248	0,939718	1,000000	0,700883	0,216758
4	F	9	0,753302	0,323072	0,999864		0,905047	0,564699	0,067836	0,003291	0,563540	0,999857	0,992581	0,826107
5	F	10	0,032095	0,000168	0,289555	0,905047		0,999982	0,000223	0,000000	0,001236	0,393908	1,000000	1,000000
6	F	11	0,005591	0,000012	0,067367	0,564699	0,999982		0,000025	0,000000	0,000104	0,115769	0,998587	1,000000
7	M	6	0,992972	0,965316	0,239990	0,067836	0,000223	0,000025		1,000000	0,915742	0,343941	0,001941	0,000142
8	M	7	0,997543	0,956373	0,033248	0,003291	0,000000	0,000000	1,000000		0,864231	0,111745	0,000004	0,000000
9	M	8	1,000000	1,000000	0,939718	0,563540	0,001236	0,000104	0,915742	0,864231		0,980999	0,022135	0,000967
10	M	9	0,985084	0,914578	1,000000	0,999857	0,393908	0,115769	0,343941	0,111745	0,980999		0,763654	0,301511
11	M	10	0,132333	0,005315	0,700883	0,992581	1,000000	0,998587	0,001941	0,000004	0,022135	0,763654		0,999986
12	M	11	0,021593	0,000146	0,216758	0,826107	1,000000	1,000000	0,000142	0,000000	0,000967	0,301511	0,999986	



Tabulka 10. Výsledky Scheffeho testu pro PBF - relativní zastoupení tukové složky v těle (červeně zvýrazněny statisticky významné změny)

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná I37 (zs_2013_2014_2015_I_A_statistika)													
	I4	vekk	1 16,154	2 16,000	3 18,195	4 17,906	5 18,527	6 19,016	7 11,702	8 12,459	9 14,161	10 15,313	11 16,928	12 16,952
1	F	6		1,000000	0,984916	0,997271	0,964512	0,898489	0,634487	0,530833	0,989036	0,999998	0,999999	0,999999
2	F	7	1,000000		0,760873	0,940739	0,674984	0,491314	0,424180	0,134431	0,933063	0,999996	0,999938	0,999931
3	F	8	0,984916	0,760873		1,000000	1,000000	0,999984	0,006898	0,000010	0,011028	0,460882	0,998528	0,998939
4	F	9	0,997271	0,940739	1,000000		0,999999	0,999823	0,023797	0,000360	0,080603	0,746036	0,999938	0,999958
5	F	10	0,964512	0,674984	1,000000	0,999999		1,000000	0,005129	0,000015	0,010847	0,385617	0,993277	0,994779
6	F	11	0,898489	0,491314	0,999984	0,999823	1,000000		0,002475	0,000009	0,005628	0,245594	0,962770	0,968962
7	M	6	0,634487	0,424180	0,006898	0,023797	0,005129	0,002475		1,000000	0,979102	0,767264	0,178583	0,181315
8	M	7	0,530833	0,134431	0,000010	0,000360	0,000015	0,000009	1,000000		0,978488	0,613744	0,030791	0,033921
9	M	8	0,989036	0,933063	0,011028	0,080603	0,010847	0,005628	0,979102	0,978488		0,999396	0,616966	0,625903
10	M	9	0,999998	0,999996	0,460882	0,746036	0,385617	0,245594	0,767264	0,613744	0,999396		0,993692	0,993551
11	M	10	0,999999	0,999938	0,998528	0,999938	0,993277	0,962770	0,178583	0,030791	0,616966	0,993692		1,000000
12	M	11	0,999999	0,999931	0,998939	0,999958	0,994779	0,968962	0,181315	0,033921	0,625903	0,993551	1,000000	

Tabulka 11. Výsledky Scheffeho testu pro TBW - množství celkové tělesné vody (červeně zvýrazněny statisticky významné změny)

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná I149 (zs_2013_2014_2015_I_A_statistika)													
	I4	vekk	1 15,524	2 15,932	3 17,300	4 18,778	5 21,368	6 22,534	7 16,002	8 16,937	9 18,920	10 20,683	11 22,777	12 24,169
1	F	6		0,999954	0,065234	0,000000	0,000000	0,000000	0,999988	0,459413	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	F	7	0,999954		0,030050	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	0,561107	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	F	8	0,065234	0,030050		0,026020	0,000000	0,000000	0,742582	0,999815	0,002199	0,000000	0,000000	0,000000
4	F	9	0,000000	0,000000	0,026020		0,000000	0,000000	0,000617	0,002452	1,000000	0,001454	0,000000	0,000000
5	F	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		0,491264	0,000000	0,000000	0,000000	0,971839	0,144266	0,000000
6	F	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,491264		0,000000	0,000000	0,000000	0,008108	0,999999	0,068526
7	M	6	0,999988	1,000000	0,742582	0,000617	0,000000	0,000000		0,977986	0,000093	0,000000	0,000000	0,000000
8	M	7	0,459413	0,561107	0,999815	0,002452	0,000000	0,000000	0,977986		0,000140	0,000000	0,000000	0,000000
9	M	8	0,000000	0,000000	0,002199	1,000000	0,000000	0,000000	0,000093	0,000140		0,002855	0,000000	0,000000
10	M	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,001454	0,971839	0,008108	0,000000	0,000000	0,002855		0,000391	0,000000
11	M	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,144266	0,999999	0,000000	0,000000	0,000000	0,000391		0,229262
12	M	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,068526	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,229262	

Tabulka 12. Výsledky Scheffeho testu pro ICW - množství vnitrobuněčné vody v těle (červeně zvýrazněny statisticky významné změny)

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná I134 (zs_2013_2014_2015_I_A_statistika)													
	I4	vekk	1 9,6162	2 9,8603	3 10,711	4 11,616	5 13,199	6 13,903	7 9,8979	8 10,499	9 11,730	10 12,814	11 14,101	12 14,940
1	F	6		0,999969	0,070182	0,000000	0,000000	0,000000	0,999993	0,447541	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	F	7	0,999969		0,029216	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	0,518920	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	F	8	0,070182	0,029216		0,031776	0,000000	0,000000	0,729388	0,999898	0,001681	0,000000	0,000000	0,000000
4	F	9	0,000000	0,000000	0,031776		0,000000	0,000000	0,000668	0,003908	1,000000	0,001085	0,000000	0,000000
5	F	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		0,540281	0,000000	0,000000	0,000000	0,987320	0,110442	0,000000
6	F	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,540281		0,000000	0,000000	0,000000	0,018750	0,999990	0,053673
7	M	6	0,999993	1,000000	0,729388	0,000668	0,000000	0,000000		0,970848	0,000066	0,000000	0,000000	0,000000
8	M	7	0,447541	0,518920	0,999898	0,003908	0,000000	0,000000	0,970848		0,000141	0,000000	0,000000	0,000000
9	M	8	0,000000	0,000000	0,001681	1,000000	0,000000	0,000000	0,000066	0,000141		0,003469	0,000000	0,000000
10	M	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,001085	0,987320	0,018750	0,000000	0,000000	0,003469		0,000499	0,000000
11	M	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,110442	0,999990	0,000000	0,000000	0,000000	0,000499		0,274175
12	M	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,053673	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,274175	

Tabulka 13. Výsledky Scheffeho testu pro ECW - množství mimobuněčné vody v těle (červeně zvýrazněny statisticky významné změny)

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná I137 (zs_2013_2014_2015_I_A_statistika)													
	I4	vekk	1 5,9074	2 6,0714	3 6,5886	4 7,1628	5 8,1689	6 8,6308	7 6,1042	8 6,4378	9 7,1900	10 7,8696	11 8,6764	12 9,2281
1	F	6		0,999923	0,062446	0,000000	0,000000	0,000000	0,999974	0,491798	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	F	7	0,999923		0,034465	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	0,640669	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	F	8	0,062446	0,034465		0,020515	0,000000	0,000000	0,772306	0,999577	0,003861	0,000000	0,000000	0,000000
4	F	9	0,000000	0,000000	0,020515		0,000000	0,000000	0,000641	0,001284	1,000000	0,002670	0,000000	0,000000
5	F	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		0,425479	0,000000	0,000000	0,000000	0,923244	0,224880	0,000000
6	F	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,425479		0,000000	0,000000	0,000000	0,002000	1,000000	0,106534
7	M	6	0,999974	1,000000	0,772306	0,000641	0,000000	0,000000		0,987394	0,000191	0,000000	0,000000	0,000000
8	M	7	0,491798	0,640669	0,999577	0,001284	0,000000	0,000000	0,987394		0,000169	0,000000	0,000000	0,000000
9	M	8	0,000000	0,000000	0,003861	1,000000	0,000000	0,000000	0,000191	0,000169		0,002381	0,000000	0,000000
10	M	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,002670	0,923244	0,002000	0,000000	0,000000	0,002381		0,000312	0,000000
11	M	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,224880	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000312		0,175411
12	M	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,106534	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,175411	

Tabulka 14. Výsledky Scheffeho testu pro SMM - hmotnost kosterního svalstva (červeně zvýrazněny statisticky významné změny)

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná I31 (zs_2013_2014_2015_I_A_statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 5,5808, sv = 1616,0													
	I4	vekk	1 10,547	2 10,864	3 11,973	4 13,151	5 15,216	6 16,137	7 10,920	8 11,693	9 13,301	10 14,710	11 16,387	12 17,491
1	F	6		0,999970	0,071237	0,000000	0,000000	0,000000	0,999992	0,456235	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	F	7	0,999970		0,029449	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	0,527800	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	F	8	0,071237	0,029449		0,032192	0,000000	0,000000	0,740139	0,999885	0,001703	0,000000	0,000000	0,000000
4	F	9	0,000000	0,000000	0,032192		0,000000	0,000000	0,000738	0,003793	1,000000	0,001144	0,000000	0,000000
5	F	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		0,536806	0,000000	0,000000	0,000000	0,986435	0,115267	0,000000
6	F	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,536806		0,000000	0,000000	0,000000	0,017645	0,999993	0,053136
7	M	6	0,999992	1,000000	0,740139	0,000738	0,000000	0,000000		0,974108	0,000074	0,000000	0,000000	0,000000
8	M	7	0,456235	0,527800	0,999885	0,003793	0,000000	0,000000	0,974108		0,000135	0,000000	0,000000	0,000000
9	M	8	0,000000	0,000000	0,001703	1,000000	0,000000	0,000000	0,000074	0,000135		0,003665	0,000000	0,000000
10	M	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,001144	0,986435	0,017645	0,000000	0,000000	0,003665		0,000509	0,000000
11	M	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,115267	0,999993	0,000000	0,000000	0,000000	0,000509		0,261563
12	M	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,053136	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,261563	

Tabulka 15. Výsledky Scheffeho testu pro BCM - množství buněčné hmoty (červeně zvýrazněny statisticky významné změny)

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná I18 (zs_2013_2014_2015_I_A_statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 6,7329, sv = 1616,0													
	I4	vekk	1 13,777	2 14,125	3 15,343	4 16,637	5 18,906	6 19,918	7 14,187	8 15,036	9 16,802	10 18,350	11 20,192	12 21,404
1	F	6		0,999971	0,071779	0,000000	0,000000	0,000000	0,999992	0,457698	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	F	7	0,999971		0,029550	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	0,528188	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	F	8	0,071779	0,029550		0,032096	0,000000	0,000000	0,740048	0,999885	0,001695	0,000000	0,000000	0,000000
4	F	9	0,000000	0,000000	0,032096		0,000000	0,000000	0,000736	0,003785	1,000000	0,001149	0,000000	0,000000
5	F	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		0,535235	0,000000	0,000000	0,000000	0,986424	0,115388	0,000000
6	F	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,535235		0,000000	0,000000	0,000000	0,017487	0,999993	0,053573
7	M	6	0,999992	1,000000	0,740048	0,000736	0,000000	0,000000		0,974061	0,000074	0,000000	0,000000	0,000000
8	M	7	0,457698	0,528188	0,999885	0,003785	0,000000	0,000000	0,974061		0,000134	0,000000	0,000000	0,000000
9	M	8	0,000000	0,000000	0,001695	1,000000	0,000000	0,000000	0,000074	0,000134		0,003682	0,000000	0,000000
10	M	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,001149	0,986424	0,017487	0,000000	0,000000	0,003682		0,000510	0,000000
11	M	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,115388	0,999993	0,000000	0,000000	0,000000	0,000510		0,261587
12	M	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,053573	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,261587	

Tabulka 16. Výsledky Scheffeho testu pro ECM - množství mimobuněčné hmoty (červeně zvýrazněny statisticky významné změny)

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná ECM (zs_2013_2014_2015_I_A_statistika)													
	I4	vekk	1 7,2784	2 7,5279	3 8,2065	4 8,9214	5 10,185	6 10,763	7 7,5152	8 7,9566	9 8,9009	10 9,7663	11 10,815	12 11,475
1	F	6		0,999474	0,021531	0,000000	0,000000	0,000000	0,999983	0,453114	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	F	7	0,999474		0,018029	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	0,740965	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	F	8	0,021531	0,018029		0,022295	0,000000	0,000000	0,574965	0,994270	0,015434	0,000000	0,000000	0,000000
4	F	9	0,000000	0,000000	0,022295		0,000000	0,000000	0,000140	0,000300	1,000000	0,006381	0,000000	0,000000
5	F	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		0,425745	0,000000	0,000000	0,000000	0,842807	0,238952	0,000000
6	F	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,425745		0,000000	0,000000	0,000000	0,000738	1,000000	0,163617
7	M	6	0,999983	1,000000	0,574965	0,000140	0,000000	0,000000		0,980130	0,000113	0,000000	0,000000	0,000000
8	M	7	0,453114	0,740965	0,994270	0,000300	0,000000	0,000000	0,980130		0,000157	0,000000	0,000000	0,000000
9	M	8	0,000000	0,000000	0,015434	1,000000	0,000000	0,000000	0,000113	0,000157		0,001672	0,000000	0,000000
10	M	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,006381	0,842807	0,000738	0,000000	0,000000	0,001672		0,000115	0,000000
11	M	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,238952	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000115		0,241869
12	M	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,163617	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,241869	

Tabulka 17. Výsledky Scheffeho testu pro tělesnou výšku (červeně zvýrazněny statisticky významné změny)

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná I3 (zs_2013_2014_2015_I_A_statistika)													
	I4	vekk	1 124,69	2 127,72	3 132,16	4 137,13	5 144,64	6 147,00	7 126,10	8 128,72	9 134,34	10 139,47	11 145,60	12 148,37
1	F	6		0,599591	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,999911	0,181178	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	F	7	0,599591		0,000073	0,000000	0,000000	0,000000	0,998346	0,999417	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	F	8	0,000000	0,000073		0,000018	0,000000	0,000000	0,002765	0,048813	0,617678	0,000000	0,000000	0,000000
4	F	9	0,000000	0,000000	0,000018		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,315531	0,724822	0,000000	0,000000
5	F	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		0,773796	0,000000	0,000000	0,000000	0,000079	0,999831	0,070613
6	F	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,773796		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,996570	0,997479
7	M	6	0,999911	0,998346	0,002765	0,000000	0,000000	0,000000		0,931705	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	M	7	0,181178	0,999417	0,048813	0,000000	0,000000	0,000000	0,931705		0,000001	0,000000	0,000000	0,000000
9	M	8	0,000000	0,000000	0,617678	0,315531	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001		0,000025	0,000000	0,000000
10	M	9	0,000000	0,000000	0,000000	0,724822	0,000079	0,000000	0,000000	0,000000	0,000025		0,000001	0,000000
11	M	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,999831	0,996570	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001		0,575282
12	M	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,070613	0,997479	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,575282	



Tabulka 18. Výsledky Scheffeho testu pro BCMI - Body Cell Mass Index (červeně zvýrazněny statisticky významné změny)

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná bcmi (zs_2013_2014_2015__I_A_statistika)													
	I4	vekk	1 8,8126	2 8,6211	3 8,7452	4 8,7958	5 8,9740	6 9,1661	7 8,8785	8 9,0332	9 9,2718	10 9,3893	11 9,4619	12 9,6836
1	F	6		0,980366	0,999999	1,000000	0,996662	0,485998	1,000000	0,957088	0,041718	0,001942	0,000157	0,000000
2	F	7	0,980366		0,991519	0,933054	0,043382	0,000019	0,932711	0,004791	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	F	8	0,999999	0,991519		0,999999	0,646912	0,007737	0,999772	0,260022	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	F	9	1,000000	0,933054	0,999999		0,948931	0,094751	0,999999	0,712050	0,000191	0,000001	0,000000	0,000000
5	F	10	0,996662	0,043382	0,646912	0,948931		0,944037	0,999995	0,999999	0,229910	0,012864	0,000888	0,000000
6	F	11	0,485998	0,000019	0,007737	0,094751	0,944037		0,904170	0,997527	0,999550	0,861438	0,493377	0,001127
7	M	6	1,000000	0,932711	0,999772	0,999999	0,999995	0,904170		0,999335	0,406648	0,079003	0,017245	0,000010
8	M	7	0,957088	0,004791	0,260022	0,712050	0,999999	0,997527	0,999335		0,633874	0,097390	0,012476	0,000000
9	M	8	0,041718	0,000000	0,000000	0,000191	0,229910	0,999550	0,406648	0,633874		0,998051	0,917404	0,013237
10	M	9	0,001942	0,000000	0,000000	0,000001	0,012864	0,861438	0,079003	0,097390	0,998051		0,999993	0,450896
11	M	10	0,000157	0,000000	0,000000	0,000000	0,000888	0,493377	0,017245	0,012476	0,917404	0,999993		0,876102
12	M	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,001127	0,000010	0,000000	0,013237	0,450896	0,876102

Tabulka 19. Výsledky Scheffeho testu pro BFMI - Body Fat Mass Index (červeně zvýrazněny statisticky významné změny)

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná bfmi (zs_2013_2014_2015_I_A_statistika)													
	I4	vekk	1 2,7633	2 2,6991	3 3,2117	4 3,2035	5 3,4036	6 3,5520	7 1,9269	8 2,0988	9 2,5372	10 2,8210	11 3,1929	12 3,3268
1	F	6		1,000000	0,994902	0,997069	0,936579	0,812038	0,929519	0,920900	0,999995	1,000000	0,998143	0,981573
2	F	7	1,000000		0,834889	0,910258	0,484569	0,267444	0,884076	0,757508	0,999996	1,000000	0,943219	0,763581
3	F	8	0,994902	0,834889		1,000000	0,999984	0,997698	0,130360	0,005871	0,440800	0,987877	1,000000	1,000000
4	F	9	0,997069	0,910258	1,000000		0,999988	0,998383	0,179775	0,020268	0,602370	0,994369	1,000000	1,000000
5	F	10	0,936579	0,484569	0,999984	0,999988		1,000000	0,043739	0,000948	0,158962	0,859927	0,999986	1,000000
6	F	11	0,812038	0,267444	0,997698	0,998383	1,000000		0,018485	0,000306	0,068676	0,654757	0,998460	0,999987
7	M	6	0,929519	0,884076	0,130360	0,179775	0,043739	0,018485		1,000000	0,979959	0,776344	0,220100	0,103282
8	M	7	0,920900	0,757508	0,005871	0,020268	0,000948	0,000306	1,000000		0,972270	0,589152	0,039003	0,008761
9	M	8	0,999995	0,999996	0,440800	0,602370	0,158962	0,068676	0,979959	0,972270		0,999462	0,696968	0,401228
10	M	9	1,000000	1,000000	0,987877	0,994369	0,859927	0,654757	0,776344	0,589152	0,999462		0,996891	0,963086
11	M	10	0,998143	0,943219	1,000000	1,000000	0,999986	0,998460	0,220100	0,039003	0,696968	0,996891		1,000000
12	M	11	0,981573	0,763581	1,000000	1,000000	1,000000	0,999987	0,103282	0,008761	0,401228	0,963086	1,000000	

Tabulka 20. Výsledky Scheffeho testu pro FFMI - Fat Free Mass Index (červeně zvýrazněny statisticky významné změny)

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná ffmi (zs_2013_2014_2015__I_A_statistika)													
	I4	vekk	1 13,465	2 13,214	3 13,420	4 13,510	5 13,806	6 14,116	7 13,581	8 13,811	9 14,181	10 14,385	11 14,529	12 14,872
1	F	6		0,992604	1,000000	1,000000	0,938089	0,131184	1,000000	0,934257	0,020473	0,000332	0,000006	0,000000
2	F	7	0,992604		0,977664	0,833650	0,006548	0,000000	0,947587	0,006744	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	F	8	1,000000	0,977664		0,999995	0,410164	0,000787	0,999970	0,405921	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000
4	F	9	1,000000	0,833650	0,999995		0,886205	0,029537	1,000000	0,880693	0,000639	0,000001	0,000000	0,000000
5	F	10	0,938089	0,006548	0,410164	0,886205		0,896894	0,999395	1,000000	0,510853	0,030029	0,000833	0,000000
6	F	11	0,131184	0,000000	0,000787	0,029537	0,896894		0,646454	0,911662	1,000000	0,966868	0,594608	0,001466
7	M	6	1,000000	0,947587	0,999970	1,000000	0,999395	0,646454		0,999290	0,348011	0,038437	0,003376	0,000000
8	M	7	0,934257	0,006744	0,405921	0,880693	1,000000	0,911662	0,999290		0,550885	0,037256	0,001162	0,000000
9	M	8	0,020473	0,000000	0,000001	0,000639	0,510853	1,000000	0,348011	0,550885		0,991834	0,706304	0,001225
10	M	9	0,000332	0,000000	0,000000	0,000001	0,030029	0,966868	0,038437	0,037256	0,991834		0,999855	0,251965
11	M	10	0,000006	0,000000	0,000000	0,000000	0,000833	0,594608	0,003376	0,001162	0,706304	0,999855		0,836265
12	M	11	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,001466	0,000000	0,000000	0,001225	0,251965	0,836265	

Tabulka 21. Srovnání tělesné výšky, hmotnost a BMI zkoumaného chlapeckého souboru s hodnotami 6. CAV s využitím normalizačních indexů

Parametr	Výška (cm)				Hmotnost (kg)				BMI (kg/m <sup>2</sup> )			
	Věk	x	x(r)	SD(r)	Ni	x	x(r)	SD(r)	Ni	x	x(r)	SD(r)
6	126,1	122,7	5,5	0,62	24,8	24,2	4,2	0,15	15,5	16,0	2,0	-0,25
7	128,7	128,4	5,9	0,05	26,5	27,0	5,1	-0,09	15,9	16,3	2,2	-0,18
8	134,3	133,9	6,0	0,07	30,4	30,4	5,6	0,00	16,7	16,9	2,3	-0,08
9	139,5	138,9	6,3	0,09	33,7	33,6	7,0	0,02	17,2	17,3	2,7	-0,03
10	145,6	144,3	6,7	0,19	38,0	37,5	7,8	0,06	17,7	17,9	2,9	-0,06
11	148,4	149,7	7,3	-0,18	40,3	41,3	9,0	-0,11	18,2	18,3	3,0	-0,03

Poznámky:  $x$  – průměrná hodnota zkoumaného souboru;  $x(r)$  – průměrná hodnota referenčního souboru;  $SD(r)$  – směrodatná odchylka referenčního souboru,  $Ni$  – normalizační index.

Tabulka 22. Srovnání tělesné výšky, hmotnost a BMI zkoumaného dívčího souboru s hodnotami 6. CAV s využitím normalizačních indexů

Parametr	Výška (cm)				Hmotnost (kg)				BMI (kg/m <sup>2</sup> )			
	Věk	x	x(r)	SD(r)	Ni	x	x(r)	SD(r)	Ni	x	x(r)	SD(r)
6	124,7	121,7	5,5	0,54	25,5	23,6	4,1	0,47	16,2	15,9	2,1	0,16
7	127,7	127,1	5,7	0,11	26,2	26,3	5,0	-0,03	15,9	16,2	2,3	-0,12
8	132,2	132,8	6,1	-0,10	29,2	29,5	5,6	-0,06	16,6	16,6	2,4	0,01
9	137,1	138,4	6,4	-0,20	31,7	32,7	6,7	-0,15	16,7	17,0	2,6	-0,11
10	144,6	144,6	7,1	0,01	36,4	37,3	7,9	-0,12	17,2	17,7	2,8	-0,18
11	147,0	151,0	7,6	-0,53	38,4	41,8	9,1	-0,37	17,7	18,2	3,0	-0,18

Poznámky:  $x$  – průměrná hodnota zkoumaného souboru;  $x(r)$  – průměrná hodnota referenčního souboru;  $SD(r)$  – směrodatná odchylka referenčního souboru,  $Ni$  – normalizační index.