

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Fakulta tělesné kultury

**ZDRAVOTNÍ UKAZATELE TĚLESNÉHO SLOŽENÍ U DÍVEK MLADŠÍHO ŠKOLNÍHO
VĚKU**

Diplomová práce

(magisterská)

**Autor: Iveta Janiková, učitelství pro 2. stupeň základních škol,
tělesná výchova – učitelství přírodopisu**

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

Olomouc 2017

Jméno a příjmení autora:	Bc. Iveta Janiková
Název bakalářské práce:	Zdravotní ukazatele tělesného složení u dívek mladšího školního věku
Pracoviště:	Katedra přírodních věd v kinantropologii
Vedoucí bakalářské práce:	Doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.
Rok obhajoby:	2017

Abstrakt: V této diplomové práci bylo hlavním cílem analyzovat a popsat zdravotní ukazatele tělesného složení dívek mladšího školního věku (6–11 let). Celkem v letech 2013, 2014 a 2015 bylo v rámci našeho výzkumu změřeno 871 dívek navštěvující základní školy v Olomouckém kraji. Tyto dívky jsme rozdělili do šesti skupin podle věkových kategorií od šestiletých až po jedenáctileté dívky. Diagnóza tělesného složení byla provedena pomocí metody multi-frekvenční bioelektrické impedance a to konkrétně na přístroji InBody 720. Měření probandů proběhlo za souhlasu rodičů a bylo schváleno etickou komisí Fakulty tělesné kultury UP v Olomouci. Naměřené hodnoty somatických parametrů byly porovnány mezi věkovými skupinami a s doporučenými hodnotami. Průměrné hodnoty měřených parametrů s přibývajícím věkem narůstaly. Největší přírůstek hodnot tělesného složení byl zaznamenán mezi 9letými a 10letými dívkami. Pravděpodobně se jedná o jeden z midspurtů, které období mladšího školního věku provázejí. V oblasti indexů BCMI, BFMI a FFMI tělesného složení se všechny skupiny dívek nacházely v optimálním pásmu bez zdravotních rizik.

Klíčová slova: tělesné složení, mladší školní věk, obezita, bioelektrická impedanční analýza InBody 720

Author's first name and surname:	Iveta Janiková
Title of the bachelor thesis:	The health indicators of body composition of younger-school-age girls
Department:	Department of Natural Science in Kinanthropology FTK UP in Olomouc
Supervisor:	Doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.
The year of presentation:	2017

Abstract: In this thesis, the main objective was to analyze and describe the health indicators of the body composition of girls in primary school (6–11 years). In total in 2013, 2014 and 2015 was within our research measured 871 girls attending primary schools in the Olomouc region. These girls were divided into six groups according to age groups from six years to eleven years old girl. Diagnosis of body composition was carried out by a multi-frequency bioelectrical impedance, and specifically on the device InBody 720. Measuring probands took place with the consent of parents and was approved by the ethics committee of the Faculty of Physical Culture UP Olomouc. Measured values somatic parameters were compared between age groups and with the recommended values. The average values of the measured parameters with age increase. The biggest gain in body composition were observed between 9 year girls and 10-year girls. This is probably one of midsputů that the younger school age accompany it. In the index BCMI, BFMI FFMI and body composition are all groups of girls found in the optimal range without health risks.

Key words: body composition, school age, obesity, bioelectrical impedance analysis, InBody 720

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Doc. RNDr. Miroslavy Přidalové, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne

.....

Poděkování:

Děkuji vedoucí diplomové práce Doc. RNDr. Miroslavě Přidalové, Ph.D. za pomoc a cenné rady, které mi poskytla při zpracování diplomové práce. Poděkování také patří RNDr. Milanu Elfmarkovi za statistické zpracování dat.

OBSAH

1	ÚVOD	6
2	SYNTÉZA POZNATKŮ	8
2.1	Tělesné složení	8
2.2	Modely tělesného složení	10
2.3	Komponenty tělesného složení	12
2.3.1	Tukuprostá hmota (FFM).....	13
2.3.2	Tělesná voda (TWB).....	18
2.3.3	Tělesný tuk (BFM).....	20
2.4	Metody standardizované antropometrie	26
2.5	Diagnostika tělesného složení	30
2.5.1	Biofyzikální a biochemické metody	30
2.6	Zdravotní ukazatele tělesného složení	31
2.7	Tělesné složení a jeho vývoj v období mladšího školního věku	32
2.8	Hodnocení obezity u dětské populace ve světě a v ČR	37
3	CÍLE	48
4	METODIKA PRÁCE	49
4.1	Výzkumný soubor a jeho charakteristika	49
4.2	Průběh vyšetření tělesného složení	49
4.3	Přístrojová technika InBody 720	51
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	55
6	ZÁVĚR	73
7	SOUHRN	75
8	SUMMARY	77
9	REFERENČNÍ SEZNAM	79

1 ÚVOD

Tématem diplomové práce jsou zdravotní ukazatelé tělesného složení u dívek mladšího školního věku.

Během studia na vysoké škole jsem se v rámci předmětu somatodiagnostiky blíže seznámila s diagnostikou tělesného složení a začala se zajímat o to, jak je ovlivňováno v průběhu ontogeneze. Velký přínos jsem také spatřovala v možnosti pracovat s moderním přístrojem InBody 720.

Tělesné složení je velmi důležitým ukazatelem zdravotního stavu každého jedince. Pokud se některá z tělesných frakcí nachází mimo hranice doporučených referenčních hodnot, je možno předpokládat neadekvátní proporcionální vývoj dítěte a eventuálně výskyt zdravotních komplikací, jako jsou např. zvýšená únava, nesoustředěnost, nadměrné ukládání tělesného tuku vedoucí k obezitě nebo ke kardiovaskulárním onemocněním. Tělesné složení může být také jedním z ukazatelů životního stylu a pohybového režimu jedince (Pastucha et al., 2014).

Nedostatek pohybové aktivity vede ke snížení výkonnosti a je jednou z hlavních příčin vzniku obezity. Tradičně je přijímáno, že obezita vzniká dlouhodobou nerovnováhou mezi příjmem a výdejem energie při pozitivní energetické bilanci, která způsobuje vytváření zásob tělesného tuku a podporuje adipogenezi (Hainer et al., 2011).

Dětská obezita v současné době představuje celosvětový problém. Procento dětí obézních a dětí se zvýšenou hmotností neustále stoupá, věková hranice vzniku a projevu nadměrné hmotnosti se stále posouvá do nižších věkových kategorií. Obezita počínající v dětském období se stále častěji přenáší i do dospělosti (Hainer et al., 2011).

Během života dochází v tělesném vývoji jedince k nerovnoměrným změnám. V období mladšího školního věku se vzájemně střídají období zrychleného tělesného růstu s vývojovým klidem růstu tkání, orgánů a období zpomaleného tělesného růstu s diferenciací tkání, které jsou doprovázeny charakteristickými změnami tělesného složení. Právě analýza a hodnocení tělesného složení pomocí antropometrických, biofyzikálních a biochemických metod jsou klíčovým prvkem, sledujícím změny tělesného složení v průběhu ontogeneze. (Hainerová, 2007, Riegerová et al., 2006).

Diagnostika tělesného složení se v současné době opírá především o biochemické a biofyzikální metody. Bioelektrická impedanční analýza (BIA) je jedna z nejvyžívanějších metod pro stanovení tělesného složení. Dle Riegerové, Přidalové a Ulbrichové (2006) je metoda BIA relativně levná, bezpečná, neinvazivní a lze ji využít pro stanovení určitých somatických parametrů jak u zdravých lidí, tak i u nemocných jedinců.

Česká republika byla jednou z mála zemí s dlouholetou tradicí v celostátním sledování somatického stavu dětí a mládeže od narození do 18 let. Jeden z prvních našich antropologických výzkumů z roku 1895 organizovaný Jindřichem Matiegkou nám umožnil položit základ našim růstovým studiím. Dlouhodobá tradice antropologických výzkumů byla přerušena v roce 2011, kdy 7. Celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže nebyl realizován. Absence tohoto celostátního antropologického výzkumu je do určité míry kompenzována transverzálními univerzitními výzkumy na úrovni regionů, které monitorují současný somatický růst a vývoj dětí a mládeže v různých oblastech České republiky.

2 SYNTÉZA POZNATKŮ

2.1 Tělesné složení

Již v 19. století se vědci zabývali složením lidského těla. Jedním z milníků historie složení lidského těla byl rok 1921, kdy se český vědec Jindřich Matiegka pokusil o kvantifikaci tělesných komponent na základě zevních, tedy antropometrických rozměrů těla. Popsal rozdělení lidského těla na 4 části: kostru, kosterní svalstvo, tukovou tkáň, ostatní tkáň (Heymsfield, 2005).

Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006) uvádí, že lidské tělo je složeno z více složek, které můžeme rozdělit podle anatomického nebo chemického hlediska. Z anatomického hlediska tělo tvoří tkáň, svalovina, kosti a vnitřní orgány. Z chemického hlediska jde o tuk, bílkoviny, minerály, zásobu tělesné vody, sacharidy aj. (Tabulka 1). V praxi je velice těžké měřit tyto komponenty, a proto se používá tzv. dvoukomponentový model, který lidské tělo rozděluje na dvě základní složky – tukovou a tukuprostou hmotu.

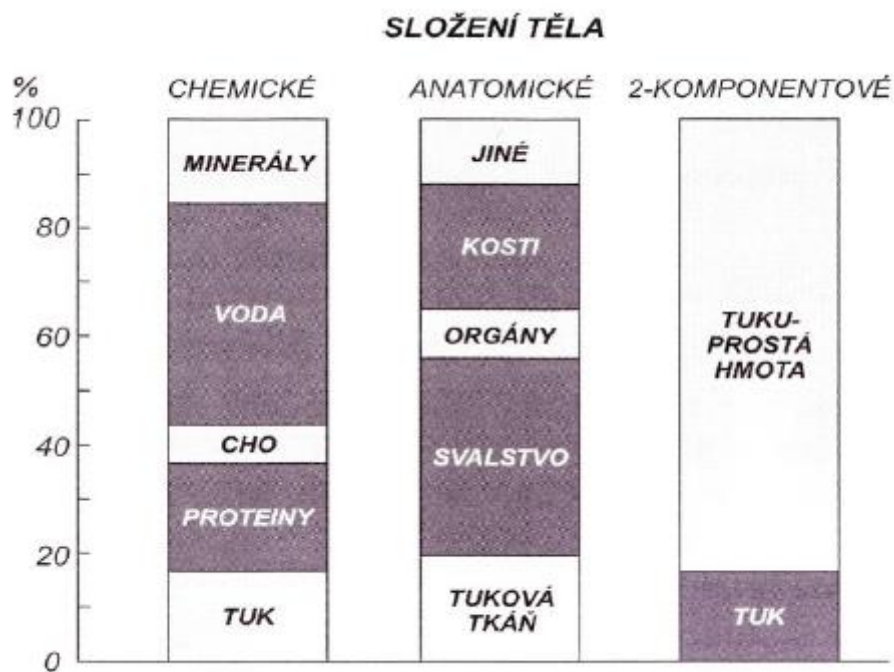
Tabulka 1. Optimální složení těla zdravých dospělých (upraveno dle Riegerová et al., 2006)

Optimální složení těla u zdravých dospělých jedinců (v %)		
Základní složky	Muži	Ženy
Voda	62,4	56,50
Minerální látky	5,80	5,30
Proteiny	16,50	15,20
Tělesný tuk	15,30	23,00
Celkem	100	100

Tělesné složení je podmíněno geneticky a následně formováno exogenními faktory, ke kterým řadíme pohybovou aktivitu, výživové faktory a celkový zdravotní stav jedince. Tyto faktory mohou být v řadě publikací spojovány s životním stylem. Dále je tělesné složení ovlivněno pohlavím a věkem jedince (Obrázek 1). Pro změnu tělesného složení je klíčová především pohybová aktivita. Díky dostatečnému množství vhodné pohybové aktivity dochází u člověka k úbytku tukové frakce a zároveň dochází nárůstu svalové frakce. Zastoupení jednotlivých frakcí celkové tělesné hmotnosti vypovídá o aktuálním zdravotním stavu a výživě. Stavba těla, tělesné rozměry a tělesné složení jsou podstatnými faktory motorické výkonnosti a fyzické zdatnosti (Riegerová et al., 2006).

Studie týkající se tělesného složení se v současné době zaměřují na změny podílu jednotlivých tělesných frakcí v různých fázích ontogenetického vývoje, především v období růstu, vývoje a stárnutí, změny v důsledku působení tělesné zátěže a sportovního tréninku, změny tělesného složení u různých metabolických onemocnění, klinických syndromů, tělesně postižených jedinců a také u lidí s různými fyzickými i psychickými onemocněními.

Gába, Riegerová a Přidalová (2009) uvádí fakt, že tělesné složení se mění s postupujícím věkem. V důsledku stárnutí organismu se začíná více ukládat tuková hmota, dochází k úbytku svalové a kostní hmoty. Celý proces bývá většinou doprovázen řadou onemocnění. Tato onemocnění se v hojném množství týkají respiračního a kardiovaskulárního systému.

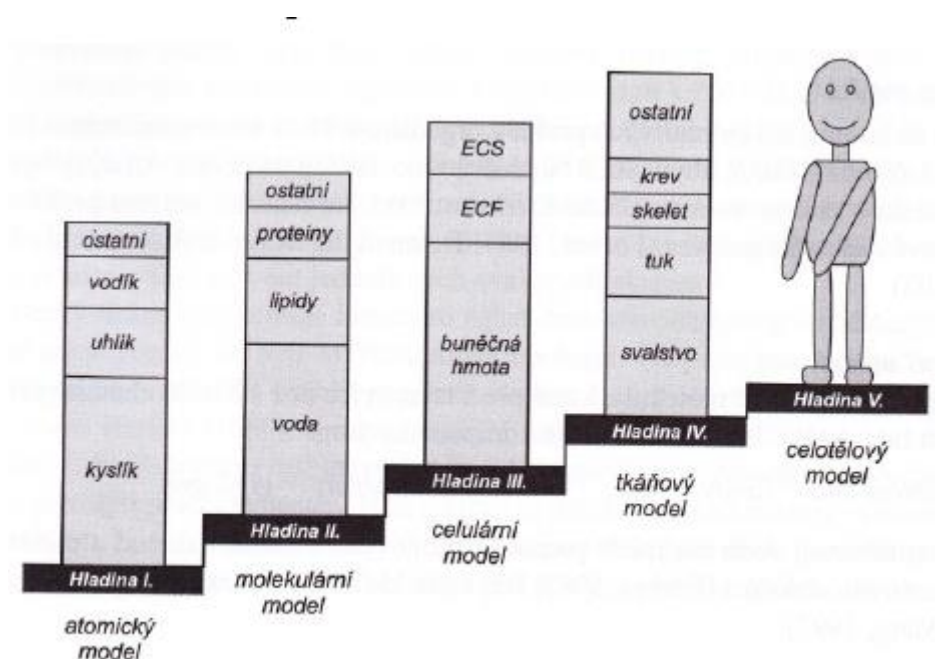


Obrázek 1. Chemický, anatomický a dvoukomponentový model tělesného složení (upraveno dle Wilmor et al., 1992)

2.2 Modely tělesného složení

Podle Riegerové et al. (2006) vyšetření tělesného složení probíhá na pěti základních úrovních, a to na atomové, molekulární, buněčné, tkáňové a úrovni celotělové. Heymsfield et al. (2005) prezentuje tento model jako základní kámen celého výzkumu v oblasti složení těla a jeho pravidla jsou použitelná pro další modely složení těla. Např. atomová úroveň vychází z měření faktu, že v triacylglycerolech je konstantní poměr uhlíku 76,7 %, vodíku 12,0 % a kyslíku 11,3 %. Z tohoto stabilního poměru lze vypočítat celkový obsah tuku z množství celotělového uhlíku a dalších prvků. Molekulární úroveň je charakterizována např. stanovením obsahu vody.

Pětiúrovňový model



Obrázek 2. Pětistupňový model tělesného složení člověka (upraveno dle Riegerová et al., 2006)

Definice modelu dle Heymsfield et al. (2005) a Riegerová et al.(2006):

- Atomická úroveň – znázorňuje podíl jednotlivých prvků na celkové tělesné hmotě. Na úrovni atomů je tělo složeno z 11 hlavních prvků (Tabulka 2). Více jak 96 % celkové hmoty těla tvoří pouze tyto 4 prvky: kyslík, uhlík, vodík, dusík. Další důležité prvky jsou vápník, draslík, fosfor, síra, sodík, chlor a hořčík. Pro zjištění prvkového složení se používá např. neutronová aktivační analýza.

b) Molekulární úroveň – jednotlivé chemické prvky vytváří sloučeniny a ty spadají do molekulární úrovně. Tuto úroveň tvoří 6 komponent, a to tuky, bílkoviny, sacharidy (glykogen), voda a minerály. Pro stanovení této úrovně se používá např. rentgenová absorpciometrie.

c) Buněčná úroveň – na této úrovni je tělo rozděleno na 3 složky. Jsou to:

- buňky – nervové, epitelové, pojivové svalové, pojivové, epiteliální,
- extracelulární tekutina (ECT) dále extracelulární organické a anorganické pevné látky (ECPL)
- model založený na buněčné úrovni vyjadřuje celkovou hmotu těla jako tukové buňky + metabolicky aktivní buňky BM + ECPL +ECT.

BM – metabolicky aktivní buňky svalové, a to pojivové, epiteliální a nervové

ECPL – anorganické a organické látky

ECT – plazma + intersticiální tekutina

d) Tkáňově-systémová úroveň – organizuje buňky do jednotlivých tkání, jež jsou kosterní svalstvo, kosti, tuková tkáň, útrobní orgány, ostatní tkáně, které následně v těle tvoří kožní, nervové, respirační, oběhový, zažívací, vyměšovací, reprodukční, endokrinní a muskuloskeletální systémy.

e) Celotělová úroveň – je dána antropometrickým měřením vnějších rozměrů. Konkrétně jde o tělesnou hmotnost, výšku, hmotnostně-výškové indexy, šířkové, obvodové a délkové rozměry, dále zde patří i objem a denzita těla.

Další dělení modelu tělesného složení spočívá v počtu komponent, které se do daného modelu zapojí.

Dvoukomponentový model

Je nejzákladnější a nejvíce požívaný model tělesného složení. Tělo rozděluje na beztukovou hmotu (tukuprostou, FFM) a na tukovou hmotu (BFM) (Hills et al., 2001).

Tříkomponentový model

Tento model zahrnuje kostní tkáň, tuk a beztukové měkké tkáně (svalovou tkáň).

Čtyřkomponentový model

Na molekulární úrovni rozlišuje tuk, vodu, bílkoviny, minerály. Na úrovni buněčné se jedná o metabolicky aktivní buňky, tuk, extracelulární pevné látky a extracelulární tekutinu.

Tabulka 2. Modely tělesného složení (upraveno dle Leeho & Gallagera, 2008)

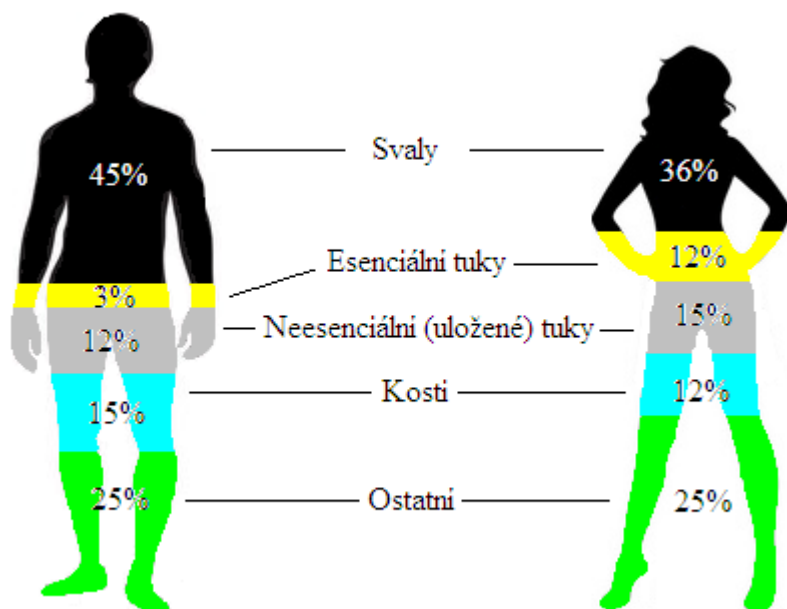
Level	Body composition model	Number of components
Atomic	$BM = H + O + N + C + Na + K + Cl + P + Ca + Mg + S$	11
Molecular	$BM = FM + TBW + TBPro + Mo + Ms + CHO$	6
	$BM = FM + TBW + TBPro + M$	4
	$BM = FM + TBW + \text{nonfat solids}$	3
	$BM = FM + Mo + \text{residual}$	3
	$BM = FM + FFM$	2
Cellular	$BM = \text{cells} + ECF + ECS$	3
	$BM = FM + BCM + ECF + ECS$	4
Tissue-organ	$BW = AT + SM + \text{bone} + \text{visceral organs} + \text{other tissues}$	5
Whole body	$BW = \text{head} + \text{trunk} + \text{appendages}$	3

Vysvětlivky: AT, adipose tissue; BCM, body cell mass; BM, body mass; CHO, carbohydrates; ECF, extracellular fluid; ECS, extracellular solids; FFM, fat-free mass; FM, fat mass; M, mineral; Mo, bone mineral; Ms, soft-tissue mineral; SM, skeletal muscle; TBPro, total body protein; TBW, total body water.

2.3 Komponenty tělesného složení

Podle Kinkorové, Hellera a Moulise (2009) můžeme obecně rozdělit lidské tělo do několika komponent, které jsou vzájemně propojeny. Mezi hlavní výstupní složky tělesného složení pomocí metody bioelektrické impedanční analýzy (BIA), ze kterých se skládá celková hmotnost těla, můžeme řadit tělesný tuk (BFM), tukuprostou hmotu (FFM) a celkovou tělesnou vodu (TBW). Riegerová et al. (2006) uvádí, že celková tělesná voda (TBW) představuje základní proměnnou měřenou bioelektrickou impedanční analýzou, z níž se určují další tělesné složky.

Podle Novotného et al. (2014) se měřením bioelektrickou impedanční analýzou tělesného složení stanoví obsah tukové tkáně, beztukové tělesné hmoty, vody, kostních minerálů a dalších složek těla (Obrázek 3).



Obrázek 3. Složení těla – anatomický model (upraveno dle Novotného et al., 2014)

2.3.1 Tukuprostá hmota (FFM)

Tukuprostá tělesná hmota (FFM), označovaná také jako lean body mass (LBM), je vše, co nezařazujeme mezi tělesnou tukovou tkáň. U dospělé populace obsahuje tukuprostá tělesná hmota kolem 73 % vody. Skládá se z buněčné tělesné hmoty (BCM) a extracelulární tělesné hmoty (ECM).

Podle Riegerové et al. (2006) tukuprostou tělesnou hmotu lze chápat jako heterogenní komponentu, u které se poměr jednotlivých složek svalstva, kostry, ostatních tkání mění v závislosti na věku, pohlaví, pohybové aktivitě a dalších exogenních i endogenních faktorech. Rossner et al. (2002) uvádí, že tukuprostá hmota je pro zdravý jedince velmi důležitá. Tvoří ji ze 72 % voda, 21 % proteiny a 7 % kostní minerály. Vyšší hodnoty tukuprosté hmoty přispívají k žádoucí kostní denzitně a tím i vyšší kostní integritě, což vede ke snížení rizika zlomenin a také snížení rizika pozdější osteoporózy.

Vzhledem k tomu, že se dá velmi těžce odlišit esenciální tuk od neesenciálních tuků, je v současné době doporučováno používat koncepci tukuprosté hmoty, která je definována jako hmotnost všech tkání minus extrahovaný odstraněný tuk (Behnke et al., 2006).

Definici tukuprosté hmoty je také možno vyjádřit rovnicí:

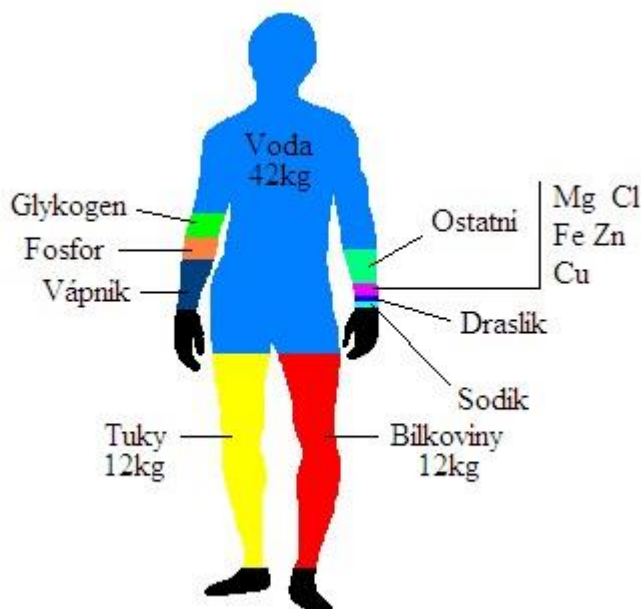
$$\text{FFM (beztuková hmota)} = \text{TBM (celková tělesná hmota)} - \text{FM (tuková hmota)}$$

Během života se jednotlivé složky tukuprosté hmoty mění. V období stáří dochází k úbytku svalové hmoty, která je nahrazována složkou tukovou. Souběžně dochází také k snižování obsahu tělesné vody, naopak dochází k nárůstu ostatních anorganických látek (Maffulli et al., 2001).

Podle Guo et al. (1997) jsou změny tukuprosté hmoty od období růstu až do dospělosti poněkud stabilní. Ve věku 13 let se začínají projevovat intersexuální rozdíly. U chlapců je vyšší nárůst svalové hmoty v rámci tukuprosté hmoty, ale taky nárůst kostní hmoty.

Chemické složení tukuprosté hmoty je relativně stabilní.

- Obsah vody: 72–74 %, kdy hodnota průměrné hydratace dospělého člověka je 73,2 %.
- Obsah draslíku: 50–60 mmol/kg u žen a 60–70 mmol/kg u mužů. Hustota tukuprosté hmoty je 1,1 g/cm³ při 37 °C (Riegerová et al., 1998).



Obrázek 4. Složení těla – chemický model (upraveno dle Novotného et al., 2014)

A. Svalový systém

V lidském těle je asi 660 svalů, které tvoří 70 % voda a asi 20 % proteiny. Celkem máme 3 druhy svaloviny, a to hladké svalstvo, příčně pruhované svalstvo a srdeční sval (Přidalová & Riegerová, 2002).

U žen dosahuje hmotnost svalů asi 32 % celkové tělesné hmotnosti, u mužů cca 36 %. Celková hmotnost svalstva může dosáhnout až 45 % hmotnosti. Nejvyšších hodnot dosahují siloví sportovci. Největší nárůst svalové hmoty je u mužů mezi 15. a 17. rokem, u žen kolem 13. roku. Rozvoj svalstva je poměrně stabilní, u mužů mezi 17. a 40. rokem a u žen mezi 15. a 60. rokem. Poté následuje pokles. Degradace začíná u neaktivních jedinců dříve, cca od 25. roku života (Maffulli et al., 2001).

Tabulka 3. Procentuální zastoupení svalstva v průběhu vývoje (upraveno dle Riegerové et al., 2006)

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

Clark (1951)

Ulbrichová (1988)

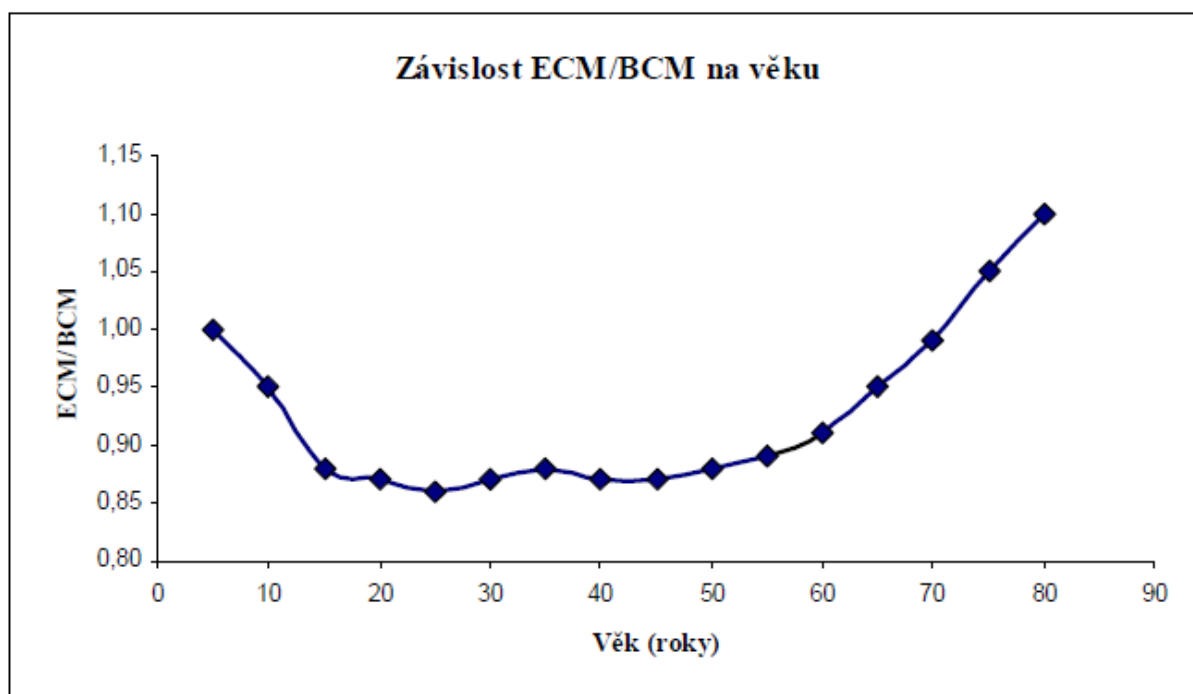
Bláha (1986)

B. Kosterní systém

Kosterní systém tvoří oporou lidského těla, a to hlavně pro svaly, šlachy a vazy. Je složen z cca 206 kostí. Kostí a jejich spojení vytváří pasivní složku pohybového aparátu. Středa (2009) uvádí, že pro stanovení ideální hmotnosti je třeba brát v úvahu podíl hmotnosti kostí na celkové váze těla. Podle Riegerové et al. (2006) je procentuální podíl kosterní složky na celkové hmotnosti těla přibližně srovnatelný u novorozenců jako u dospělých osob.

Buněčná tělesná hmota (BCM)

BCM tvoří kosterní svalová tkáň, hladká svalová tkáň, srdeční svalová tkáň, vnitřní orgány, krevní elementy, nervový systém a žlázy.



Obrázek 5. Změny poměru ECM/ BCM v závislosti na věku (upraveno dle Bunce & Skálové, 2014)

BCM je ovlivněna jak genetickými faktory, tak věkem ale i tělesnou zdatností. U vrcholových sportovců mohou dosahovat hodnoty BCM až 60 % aktivní tělesné hmoty (LBM). U dětí a dospívajících není BCM plně vyvinuta a její množství je nižší než 50 % LBM. U dospělých s dobrým tělesným stavem tvoří BCM více než 50 % LMB. V průběhu let dochází ke snížení BCM, ale u fyzicky aktivních starších lidí může dojít k zachování vyššího množství BCM (Kyle et al., 2004).

Extracelulární hmota (ECM)

Je součástí aktivní tělesné hmoty (LBM), která se nachází mimo buňky, a skládá se z metabolicky neaktivních částí lidského těla. Součástí ECM jsou vláknité bílkoviny a proteoglykany, např. kolagen, elastin, laminin atd. Nejvíce mimobuněčné hmoty se nachází v kostech, v chrupavce a kůži. Součástí ECM je i extracelulární tekutina (Dörhöfer & Pirlich, 2005).

Vzorec pro výpočet ECM dle Riegerové et al., (2006):

$$\text{ECM} = \text{FFM} - \text{BCM}$$

Poměr ECM k BCM, tzv. ECM/BCM index, je důležitým parametrem pro sledování výživového stavu. U zdravých jedinců je BCM vždy výrazně vyšší než ECM. Index ECM/BCM se tady pohybuje kolem hodnot 0,85 až 1,0. Zvýšení indexu ECM/BCM je první známkou zhoršeného nutričního stavu jedince (Riegerová et al., 2006).

Tabulka 4. Průměrné hodnoty vztahu ECM/BCM u dětí 6–14 let (upraveno dle Bunce, 2006)

	Boys	Girls
Age (years)	ECM/BCM	ECM/BCM
6	0.92 ± 0.08	0.95 ± 0.09
7	0.90 ± 0.09	0.92 ± 0.09
8	0.88 ± 0.08	0.91 ± 0.08
9	0.85 ± 0.07	0.88 ± 0.08
10	0.83 ± 0.09	0.87 ± 0.08
11	0.82 ± 0.07	0.84 ± 0.09
12	0.80 ± 0.07	0.82 ± 0.08
13	0.78 ± 0.06	0.81 ± 0.07
14	0.75 ± 0.06	0.78 ± 0.06

Bunc (2006) se zabýval studií, jakým způsobem tělesné složení a jeho proměnné ovlivňují sportovní výkon jedince. Této studii se účastnilo 1235 českých dětí (756 chlapců a 479 dívek) ve věku od 6 do 14 let. Bunc prokázal, že index ECM/BCM vykazuje těsnou závislost na maximální spotřebě kyslíku na kg tělesné hmotnosti ($\text{VO}_{2\text{max}}$). Tato proměnná může být využívána pro hodnocení stavu tělesné zdatnosti a trénovanosti u sportujících i netrénovaných jedinců.

2.3.2 Tělesná voda (TWB)

Voda má zásadní význam pro všechny živé organismy. Voda může tvořit až 90 % jejich tělesné hmotnosti. Voda je nezbytná pro život, je důležitá pro správné fungování celého organismu. Pomáhá regulovat tělesnou teplotu, rozvádí živiny po těle, zlepšuje zažívací procesy, čistí a zvlhčuje pokožku, zabraňuje stárnutí a degeneraci kloubů (Ganong et al., 2005).

Trojan (2003) uvádí, že voda má celou řadu důležitých funkcí:

- 1) je zásadní živina pro život každé buňky, působí nejprve jako stavební materiál,
- 2) reguluje naši vnitřní tělesnou teplotu pocením a dýcháním,
- 3) přepravuje v krevním řečišti sacharidy a bílkoviny, které jsou v našem těle metabolizovány,
- 4) napomáhá při odvádění metabolických odpadních látek, a to především prostřednictvím močení,
- 5) působí jako tlumič nárazů na mozek a míchu,
- 6) tvoří sliny.

Celková tělesná voda se podílí na tělesné hmotnosti v závislosti na věku a pohlaví. Kojenec má v těle 75 % vody, tato hodnota klesá u mladé ženy na 53 % a u muže na 64 %. Ve stáří je hodnota u ženy na 46 % u muže na 53 %. Tyto pohlavní a individuální rozdíly jsou způsobeny hlavně různým podílem tuku na tělesné hmotnosti. Zatímco většina tkání obsahuje průměrně 73 % vody, v tukové tkáni je jí jen okolo 2 % (Silbernagl et al., 2004).

Rokyta et al. (2000) uvádí, že průměrné množství tělesné vody u ženy je 50 % a u muže 60 % celkové tělesné hmotnosti. Nejvíce vody je obsaženo v tělních tekutinách cca 91–99 %, ve svalech a v kůži 75–80 % a 22 % v kostech. Naopak nejméně vody máme v tukové hmotě cca 10 %. Mitchell (2016) ve své studii uvádí, že mozek a srdce obsahují 73 % vody, plíce obsahují asi 83 % vody, kůže 64 % vody, ve svalech a v ledvinách okolo 79 %, dokonce i kosti obsahují 31 % vody.

Podle Trojana (2003) dospělý muž o hmotnosti 70 kg je tvořen 42 l (60 %) vody. Přitom 28 l (40 %) je voda intracelulární a 14 l (20 %) vyplňuje voda extracelulární. Extracelulární vodu dělí na krevní plazmu 3,5 l (5 %) a tkáňový mok 10,5 l (15 %) z celkového množství tělesné vody.

Distribuce vody v těle

Všechna voda v těle je rozdělena na dvě části. Voda se v organismu nachází jako:

- **Intracelulární tekutina (ICT)** – voda, která je uvnitř buněk, představuje 40 % celkové tělesné hmotnosti.
- **Extracelulární tekutina (ECT)** – voda v mezibuněčném prostoru a v cévách představuje 20 % z celkové tělesné hmotnosti (Rokyta et al., 2000).

Gropper et al. (2009) uvádí, že větší část, asi 65 % vody, tvoří intracelulární tekutina, která se nachází uvnitř buněk. Extracelulární tekutina, nacházející se vně buněk zaujímá asi 35 % vody v lidském těle.

Podle Nečase (2000) je extracelulární tekutina rozdělena na subkompartmenty – intersticiální tekutinu (25 %), transcelulární tekutinu (2 %), plazmu (8 %). Extracelulární a intracelulární tekutiny jsou odděleny plazmatickou membránou. Plazmatická membrána je volně propustná pro vodu, která se těmito prostory pohybuje. Intersticiální tekutina a tekutina v plazmě jsou odděleny stěnou krevních kapilár.

Jak již bylo zmíněno, celková tělesná voda je obsažena v intracelulární a extracelulární tekutině. Následující tabulka 5 přiblíží rozložení celkové tělesné vody v závislosti na věku.

Tabulka 5. Celková tělesná voda a její rozložení do ICT a ECT v závislosti na věku (upraveno dle Kittmar et al., 2011)

věk		celková tělesná voda	extracelulární tekutina	intracelulární tekutina
novorozenec		79,0	44,0	35,0
1–3 měsíce		72,0	32,0	40,0
2–3 roky		63,5	26,7	36,8
3–5 let		62,0	21,0	41,0
5–10 let		61,5	22,0	39,5
10–16 let		58,0	19,0	39,0
20–30 let	muži	58,0	19,0	39,0
	ženy	51,0	17,0	34,0
40–50 let	muži	54,0	18,0	36,0
	ženy	47,0	15,5	31,5
60–70 let	muži	49,0	16,0	33,0
	ženy	47,0	15,5	31,5
nad 80 let	muži	48,0	16,0	32,0
	ženy	48,0	16,0	32,0

2.3.3 Tělesný tuk (BFM)

Tuková tkáň patří mezi pojivové tkáně. V lidském organismu se nachází ve dvou základních formách, a to jako hnědá tuková tkáň a bílá tuková tkáň. Tuková tkáň je tvořena souborem specializovaných buněk - adipocytů. Adipocyty s jednou tukovou kapénkou a menším množstvím mitochondrií jsou dominantním buněčným typem v bílé tukové tkáni. Adipocyty s větším množstvím tukových kapének a četnými mitochondriemi jsou charakteristické pro hnědou tukovou tkáň. Tuková tkáň obsahuje i další typy buněk, zejména fibroblasty, histiocyty, cévní buňky, lymfocyty, granulocyty a nervové buňky (Hainer et al., 2005).

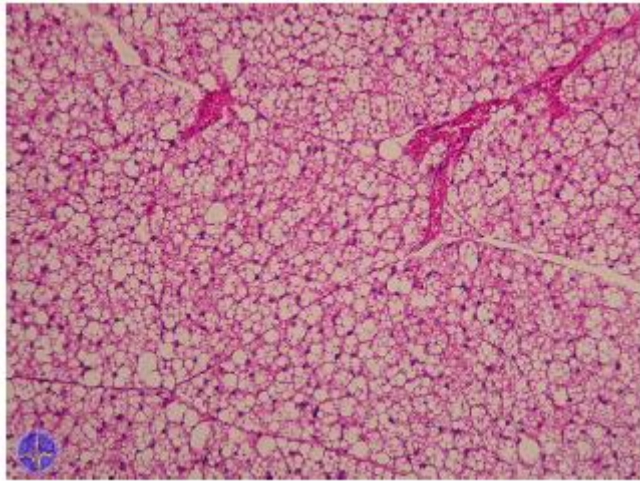
Ganong et al. (2005) uvádí, že množství tuku v lidském těle hraje nezastupitelnou roli pro celý organismus a tělesný tuk plní celou řadu důležitých mechanických, metabolických a termoregulačních funkcí:

1. zajišťuje ukládání vitamínů,
2. chrání klouby a orgány,
3. pomáhá při regulaci tělesné teploty,
4. slouží jako zásobárna energie,
5. je nezbytný pro zdravý vývoj a je důležitým transportním systémem pro vitamíny (A, D, K, E).

Bez tělesného tuku se náš organismus neobejde. Nežádoucí je ale nadměrné množství tuku, které působí na naše tělo negativně. Může způsobovat problémy s kardiovaskulárním systémem, nebo může vést k cukrovce (Ganong et al., 2005).

Hnědá tuková tkáň

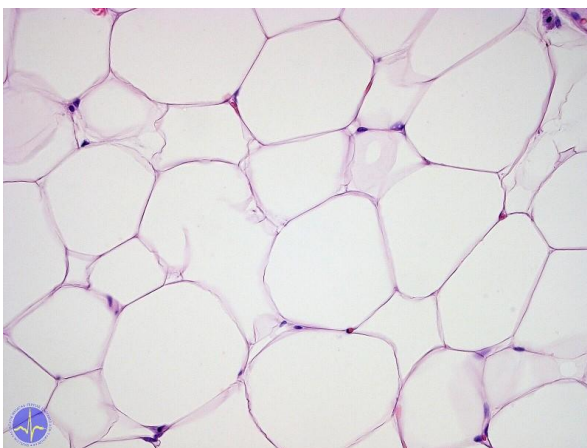
Hnědá tuková tkáň tvoří velké množství tepla. Typickými lokalitami jsou podkoží mezi lopatkami, mezi krčními svaly a kolem ledvin. Během prvního roku života hnědá tuková tkáň rychle ubývá, ale zcela nezaniká. V zásobách hnědého tuku mají tukové buňky i cévy bohatou sympatickou inervaci. V tom se liší od bílých tukových zásob, u kterých jsou inervovány jen některé buňky a hlavní sympatickou inervaci mají cévy (Ganong et al., 2005).



Obrázek 6. Hnědá tuková tkáň (upraveno dle CBO, 2007)

Bílá tuková tkáň

Bílá tuková tkáň je u člověka zastoupena v naprosté většině. Patří k důležitému zdroji energie, působí jako mechanický a tepelný izolátor, ale má i další významné funkce. V dnešní době je považována za endokrinní orgán, neboť produkuje a vyplavuje do kardiovaskulárního systému několik desítek biologicky aktivních látek a tím se podílí na řízení obsahu tuku v těle i na kontrole metabolismu dalších tkání (Hainer et al., 2005). Laning et al. (2010) uvádí, že běžné procentuální zastoupení bílé tukové tkáně u člověka je asi 20–30 % tělesné hmotnosti. Může se ale zvýšit až na 70 %. Největší tuková zásobárna je uložena v podkoží a v břišní oblasti. Bílá tuková tkáň dokáže zvětšovat svůj objem dvěma způsoby, hyperplasií nebo hypertrofií. Podkožní tuk zvyšuje svou hmotnost hypertrofií i hyperplasií, kdežto viscerální tuk zvyšuje svou hmotnost hlavně hypertrofií. Při hypertrofii dochází k zvětšování množství intracelulárních lipidů a tím k zvýšení objemu tukových buněk.



Obrázek 7. Bílá tuková tkáň (upraveno dle CBO, 2007)

Z metabolického hlediska se rozlišují dva typy bílé tukové tkáně – podkožní (nitrobřišní) a viscerální (útrobní).

- a) Podkožní tuk – je uložen pod kůží a tvoří největší množství z celkového tělesného tuku. Slouží jako tepelná izolace organismu, představuje zdroj energie při hladovění a plní i metabolické a endokrinní funkce. Kromě biologického významu má i funkci etologickou, např. druhotné sexuální znaky u ženy (Riegerová et al., 2006, Müllerová & Röhm, 2009).
- b) Viscerální tuk – se ukládá v životně důležitých orgánech, jako jsou ledviny, játra, také v břišní dutině. Viscerální tuk je metabolicky velmi aktivní a díky své aktivitě má negativní vliv na celý organismus jedince. Lékaři jej považují za škodlivější než tuk v podkoží. Znamená to, že do krve přivádí chemické látky, které mohou vést ke zdravotním komplikacím, např. ke vzniku diabetes mellitus II. typu, k infarktu a jiným srdečním onemocněním (Huang et al., 2001).

Podle Kotaniho et al. (1994) muži mají v průměru více viscerálního tuku než ženy, ale u žen množství viscerálního tuku narůstá po menopauze. Distribuce tělesného tuku je regulována hormonálně, proto lze u postmenopauzálních žen sledovat její redistribuci z periferií do abdominální oblasti. Tento fakt prokazují například výsledky studie Toth et al. (2000). U sledovaného souboru žen došlo nejen k relativnímu vzestupu tělesného tuku, ale i k nápadným změnám v množství viscerálního tuku.

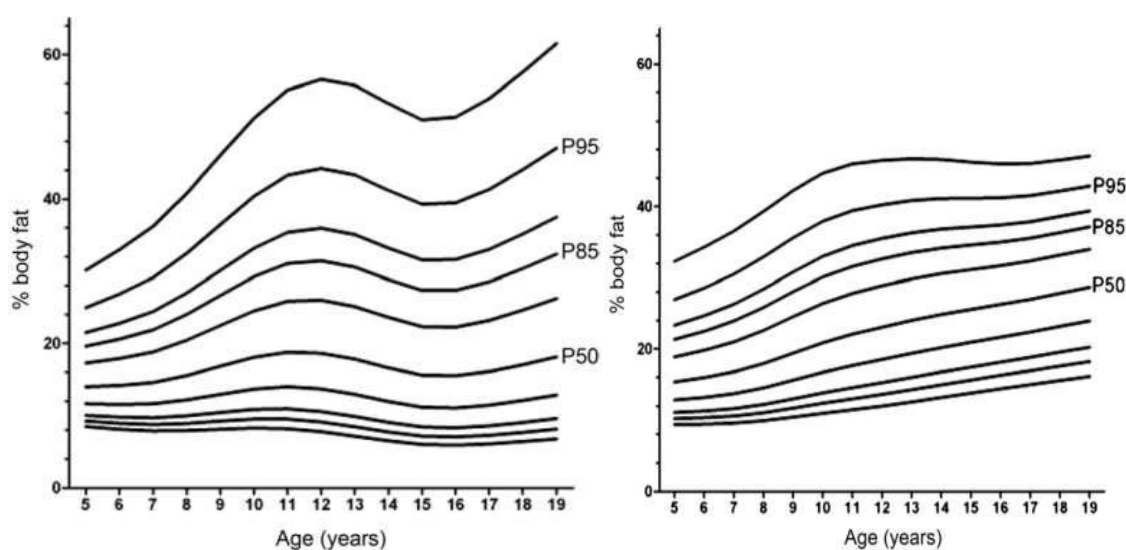
Irving et al. (2008) se zabýval studií, jaký vliv má intenzita cvičení na snížení viscerálního tuku. Dospěl k závěru, že změny tělesného složení jsou ovlivněny intenzitou cvičení v tréninku. Vysoce intenzivní trénink (HIET) je účinnější pro snížení podkožního a viscerálního tuku než trénink s nižší intenzitou (LIET). Tento fakt potvrzuje i studie Vissere et al. (2013), kde dospěli k závěrům, že vysoce intenzivní trénink má větší potenciál snížit viscerální tuk oproti nízko-intenzivnímu aerobnímu tréninku.

Svačina a Röhm (2010) uvádí, že fyziologická norma zastoupení tělesného tuku je u mužů 10–20 % a u žen 20–30 % celkové hmotnosti těla (tomuto odpovídá zhruba 10–15 kg tukové tkáně). U obézních lidí může tuková hmota tvořit dokonce až 50 % celkové hmotnosti. Podle Biospace (2009) celkového tělesného tuku by mělo být v rozmezí 18–28 % u žen a 10–20 % u mužů. Hodnoty nad 29 % u žen a 25 % u mužů jsou považovány za obezitu. Podle American College of Sports Medicine zdravá žena potřebuje celkové množství tělesného tuku mezi 20–32 %, zdravý muž dospělý muž mezi 10–22 % (Tabulka 6).

Tabulka 6. ACSM standarty tělesného složení (BFM %) u mužů a žen (upraveno dle: <http://bodycomp.ca/files/ACSM%20bodyfat%20standards.pdf>)

	Age	Women	Men
Health Standards *	<40 yrs.	20-35%	8-22%
	>40 yrs.	25-38%	10-25%
Fitness Standards *	<40 yrs.	16-28%	5-15%
	>40 yrs.	20-33%	7-18%
High Risk *			
Inadequate fat	all adults	<12-14%	<3-5%
Obesity	<40 yrs.	>35%	>22%
	>40 yrs.	>38%	>25%

V ontogenetickém vývoji se mění podíl tělesného tuku na celkové tělesné hmotnosti. Optimální zastoupení tělesného tuku je závislé na pohlaví, věku a pohybové aktivitě. Riegerová et al.(2006) uvádí, že mezi 6. a 8. rokem života dochází k tzv. mid-growth spurtu, který je spojován s počátkem zvyšování sekrece adrenálních androgenů. V tomto období dochází ke zvyšování procenta tělesného tuku a akceptuje se sexuální dimorfismus v jeho ukládání. U 8letých dívek je patrný stálý nárůst, u chlapců po nárůstu mezi 7. až 10. rokem života následuje pokles množství tělesného tuku. Laurson et al. (2011) zabývající se studií tělesného složení a pohlaví poukazuje na signifikantní rozdíly mezi dívkami a chlapci (Obrázek 8). Do 9. roku % BFM vzrůstá u obou pohlaví téměř stejně. V období dospívání % BFM narůstá u dívek kontinuálně s věkem, naproti tomu u chlapců % BFM stagnuje. McCarthy et al. (2006) poukazuje na to, že dívky při srovnatelném množství celkového tuku disponují vyšším podílem tělesného tuku než chlapci.



Obrázek 8. Vývoj % BFM u chlapců a dívek v závislosti na věku (praveno dle Laurson et al., 2011)

Tabulka 7. Standardy procentuálního zastoupení tělesného tuku pro ženy a muže v jednotlivých věkových skupinách (upraveno dle Heyward & Wagner, 2004)

Standardy % tělesného tuku					
Muži	Minimum	Nizká hodnota	Střední hodnota	Vysoká hodnota	Obezita
6–17 let	<5	5–10	11–25	26–31	>31
18–34 let	<8	8	13	22	>22
35–55 let	<10	10	18	25	>25
55 a více let	<10	10	16	23	>23
Ženy					
6–17 let	<12	12–15	16–30	31–36	>36
18–34 let	<20	20	28	35	>35
35–55 let	<25	25	32	38	>38
55 a více let	<25	25	30	35	>35

Katzmarzyk et al. (2012) se zabýval porovnáním dětí a adolescentů v pokročilejším stavu dospívání (tzv. akcelerovaných jedinců) s normálně vyvíjejícími se vrstevníky, u kterých biologický věk odpovídal věku kalendářnímu. Autoři v této studii zaznamenali u skupiny biologicky akcelerovaných jedinců větší zastoupení BFM v oblasti končetin a trupu než u normálně vyvíjejících se jedinců.

Ve většině sportů má nadměrné množství podkožního tuku negativní vliv na výkon sportovce, protože snižuje pohyblivost, zhoršuje hospodárnost pohybu i relativní sílu. V některých sportech ovlivňuje i odpor prostředí zvětšením tělesné hmoty (v lyžování, plavání, cyklistice, rychlobruslení). Naopak větší množství podkožního tuku je prospěšné pro dálkové plavce, kde vytváří tepelnou izolaci proti chladu a podporuje vztlak (Manore & Thompson, 2000).

Wood (2005) klasifikuje přiměřenost tělesné hmotnosti běžné a sportující populace podle procent tukové hmoty (Tabulka 8). Pro určování optimálního množství tukové hmoty v procentech je důležité znát procentuální zastoupení tukové hmoty, ale také to, jestli se jedná o sportujícího nebo nespportujícího jedince.

Tabulka 8. Procentuální zastoupení tukové hmoty a průměrná hmotnost (upraveno dle Wood, 2005).

	Běžná populace (v %)		Sportovci (v %)	
	Muži	Ženy	Muži	Ženy
Atletická postava	<12	<17	<7	<12
Normální váha	12-21	17-28	7-15	12-25
Střední nadváha	21-26	28-33		
Nadváha	>26	>33	>15	>25

Jeukendrup a Gleeson (2000) uvádí, že různá sportovní odvětví mají odlišné požadavky, pokud jde o tělesné složení. V některých kontaktních sportech, např. v americkém fotbalu nebo v ragby, je vyšší tělesná hmotnost obecně vnímána jako výhoda.

Ve sportech, jako jsou gymnastika, maratónský běh atd., je nižší tělesná hmotnost pro sportovní výkon velmi důležitá. Proto u těchto sportů je žádoucí nízké zastoupení jak tělesného tuku, tak nízká celková tělesná hmotnost. Odhadovaná minimální hladina tělesného tuku kompatibilní se zdravím je 5 % u mužů a 12 % u žen a ideální složení těla je velmi závislé na konkrétním sportu nebo disciplíně (Tabulka 9).

Tabulka 9. Procentuální zastoupení tukové hmoty u jednotlivých sportů (upraveno dle Jeukendrup & Gleeson, 2000)

Sport	Male	Female	Sport	Male	Female
Baseball	12-15%	12-18%	Rowing	6-14%	12-18%
Basketball	6-12%	20-27%	Shot Putters	16-20%	20-28%
Body building	5-8%	10-15%	Skiing (X country)	7-12%	16-22%
Cycling	5-15%	15-20%	Sprinters	8-10%	12-20%
Football (Backs)	9-12%	No data	Soccer	10-18%	13-18%
Football (Linemen)	15-19%	No data	Swimming	9-12%	14-24%

2.4 Metody standardizované antropometrie

Antropometrické metody jsou založeny na měření základních somatických rozměrů, např. hmotnosti, délky, výšky, šířky nebo obvodových parametrů. Z následujících absolutních rozměrů pak můžeme vypočítat relativní rozměry a indexy, které vyjadřují vzájemný poměr dvou rozměrů a zpravidla se uvádí v procentech. Metody standardizované antropometrie jsou neinvazivní, časově nenáročné, použitelné v terénních podmínkách, levné a využitelné v rozsáhlejších studiích (Riegerová, et al., 2006).

Výsledkem antropometrických měření je odhad tělesného složení (tukuprosté hmoty, tukové hmoty) buď u celého těla, nebo pouze jednotlivých segmentů. Předpokladem vyhodnocování je vztah mezi obvodovým měřením, tukovou a tukuprostou hmotou. Pro odvození tělesného složení z antropometrických měření jsou využívány predikční rovnice, které respektují tělesnou hmotnost a výšku, nebo jsou určeny pro populaci s ohledem na věk, pohlaví, etnický původ atd. Čím víc antropometrických proměnných zadáme do predikční rovnice, tím menší je chyba predikce parametru konečného složení těla (Heyward et al., 2004).

V rámci standardizované antropometrie je v praxi používáno mnoho indexů (Tabulka 10). Mezi tyto indexy řadíme např. WHR index, BMI index, Kaupův index, Rohrerův index, Erismanův index, atd. (Malá et al., 2014).

Tabulka 10. Indexy a jejich výpočet (upraveno dle Malé et al., 2014)

Index	Výpočet
Queteletův- Bouchardův Index	$H \cdot 10 / V$
Kaupův Index	$H \cdot 1000 / V^2$
Rohrerův Index	$H \cdot 10^5 / V^3$
Pignet-Vervaeck Index	$(H+OH) \cdot 100 / V$
Erismanův Index	$\frac{1}{2} V - OH$
Body mass index	H / V^2 (v metrech)
WHR (waist to hip ratio)	OP / OB

Vysvětlivky: V (výška těla v cm), H (hmotnost těla v kg), OB (obvod boků v cm), OP (obvod pasu v cm)

Tělesná hmotnost a výška

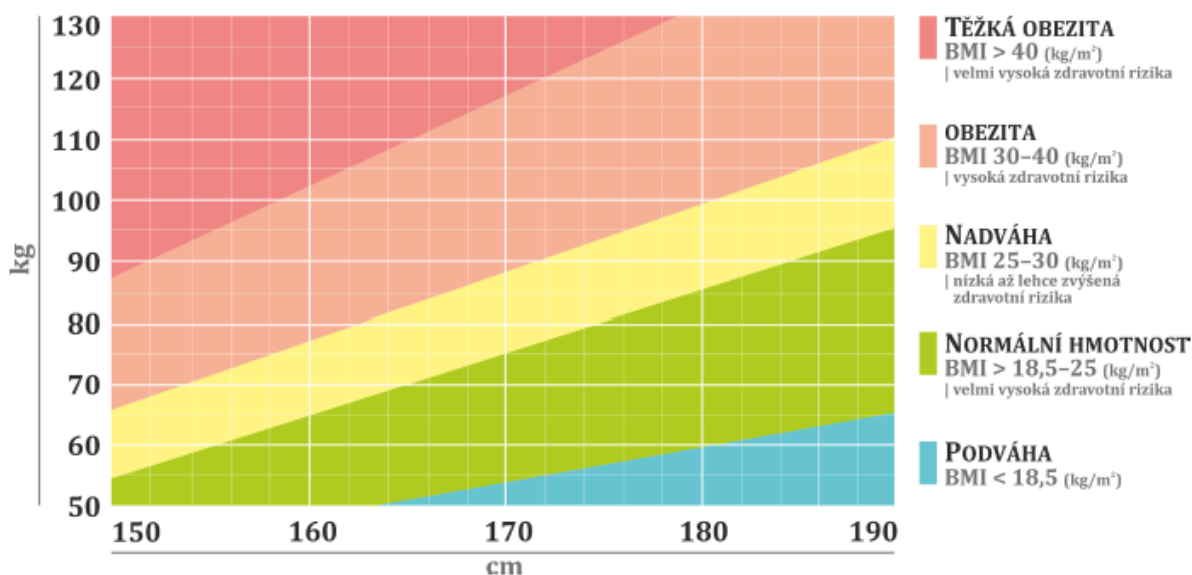
Tělesná výška a hmotnost jsou základními antropometrickými parametry. Jejich měření je důležité pro posouzení růstu a vývoje dítěte. Růst se hodnotí s ohledem na věk dítěte pomocí percentilových grafů. Tělesná hmotnost jedince se nejčastěji hodnotí pomocí indexů vypočítaných z tělesné výšky a hmotnosti (Pařízková, 2007).

Body mass index (BMI)

V současné době je BMI nejčastěji používaný indexem pro hodnocení tělesné hmotnosti jak u dospělých, tak i u dětí. Klasifikace tělesné hmotnosti na základě BMI se používá jako všeobecný ukazatel podváhy, normy, nadváhy a obezity v každém věku (Wells & Fewtrell, 2008).

Vzorec pro výpočet BMI:

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



Obrázek 10. Vztah hodnoty BMI a zdravotních rizik (upraveno dle Hainera & Kabrnové, 2007)

Podle Hainera et al. (2011) se jedná o nadváhu při hodnotách BMI 25,0–29,9 kg/m² a hodnota BMI 25 kg/m² a výš je označována jako obezita. Kyle et al. (2003) potvrzují, že již od pásma nadváhy podle BMI dochází ke zvyšování rizik zdravotních komplikací spojených se zvýšeným množstvím tělesného tuku.

Must a Anderson (2006) uvádí, že pro výpočet BMI u dětí a mládeže se používá stejný vzorec jako pro dospělé, ale BMI u dětí a mládeže se vyhodnocuje v percentilových pásmech. Podle Vignerové et al. (2001) se u dětí a dospívajících BMI výrazně mění s věkem a stupněm pohlavního dozrávání. Proto byly na základě národních studií antropologického výzkumu dětí a mládeže vytvořeny percentilové grafy BMI, které zohledňují tuto proměnlivost. Percentilové grafy umožňují přesné zhodnocení tělesného vývoje dítěte od 2 do 18 let. Kategorie dětí s nadměrnou hmotností odpovídají pásmu nadváhy u dospělých.

Tabulka 11. Hodnocení percentilových pásem BMI u dětí (upraveno dle www.szu.cz)

Percentilové pásmo	Kategorie podle BMI
nad 97. percentilem	Obézní
nad 90. percentilem	S nadměrnou hmotností
mezi 75. a 90 percentilem	Robustní
mezi 25. a 75. percentilem	Proporcionální
mezi 3. a 25. percentilem	Štíhlé
pod 3. percentilem	Hubené

V období mladšího školního věku se u dívek pohybují hodnoty BMI bez zdravotního rizika. Pro 7–8 leté dívky se udává zdravé rozmezí BMI mezi 13,8–18,9 kg/m². Dívky ve věku 9–10 let mají zdravé rozmezí 14,3–20,4 kg/m² a dívky ve věku 11–12 let mají optimální hodnotu BMI vzhledem k jejich věku 15,1–22,0 kg/m² (Tabulka 12). Každá hodnota přesahující optimální hodnotu BMI může u dětí a mládeže představovat celou řadu zdravotních komplikací (GMON, n. d).

Tabulka 12. Doporučené hodnoty BMI pro dívky (upraveno dle GMON, n. d)

Dívky	7-8 let	9-10 let	11-12 let	13-14 let
Podváha	< 13,8	< 14,3	< 15,1	< 16,4
Norma	13,8-18,9	14,3-20,4	15,1-22,0	16,4-23,7
Nadváha	18,9-20,9	20,4-23,0	22,0-25,0	23,7-26,7
Obezita	> 20,9	> 23,0	> 25,0	> 26,7

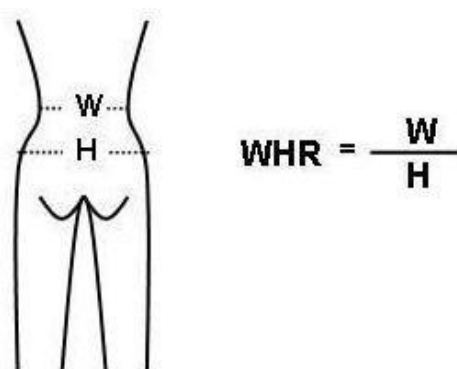
Podle Pastuchy et al. (2014) výpočet BMI má i mnohé nevýhody a nedostatky. BMI nezohledňuje množství svalové nebo tukové hmoty. K chybnému hodnocení dochází u osob

s vyšším množstvím svalové hmoty či naopak u osob se sníženou svalovou hmotou a vyšším množstvím tělesného tuku. Williams a Dickson (2010) uvádí, že sportovci, atleti a zejména kulturisté jsou dle BMI mylně klasifikováni do kategorií obezity, i když jejich složení těla s 3 % až 5 % tělesného tuku této klasifikaci neodpovídá.

Toto tvrzení potvrzuje Ode et al. (2007), již ve své studii měřili hodnoty BMI u basketbalistů. Z výsledku měření zjistili, že hodnoty BMI se pohybovaly v rozmezí nadváhy nad hodnotou 26,0 BMI, ale podle naměřeného množství procentuálního tuku cca 12,7 % je interpretace výsledků jako nadváha u těchto sportovců mylná.

WHR index

Tento index udává poměr mezi obvodem pasu a boků. WHR se využívá pro hodnocení abdominální obezity. Obecně můžeme říci, že čím vyšších hodnot index nabývá, tím vyšší je pravděpodobnost rozvoje abdominální obezity (Hainera et al., 2011).



Obrázek 11. Výpočet $WHR = W$ (obvod pasu v cm) / H (obvod boků v cm)
(upraveno dle <http://www.fertilism.com/008-body.JPG>)

Tabulka 13. Typy distribuce tuku podle indexu WHR (upraveno dle www.szu.cz)

	Spíše periferní	Vyrovnaná	Centrální	Centrální riziková
Muži	<0,85	0,85-0,90	0,90-0,95	>0,95
Ženy	<0,75	0,75-0,80 0	0,80-0,85	>0,85

Tabulka 14. Normy WHR indexu (upraveno dle Kopecký et al., 2013)

< 0,8	zdravotně ideální hodnota
0,8 - 0,9	norma
0,9 - 1,0	zvýšená hodnota
1,0 <	zdravotní riziko nadměrné nabídky tuků játrům

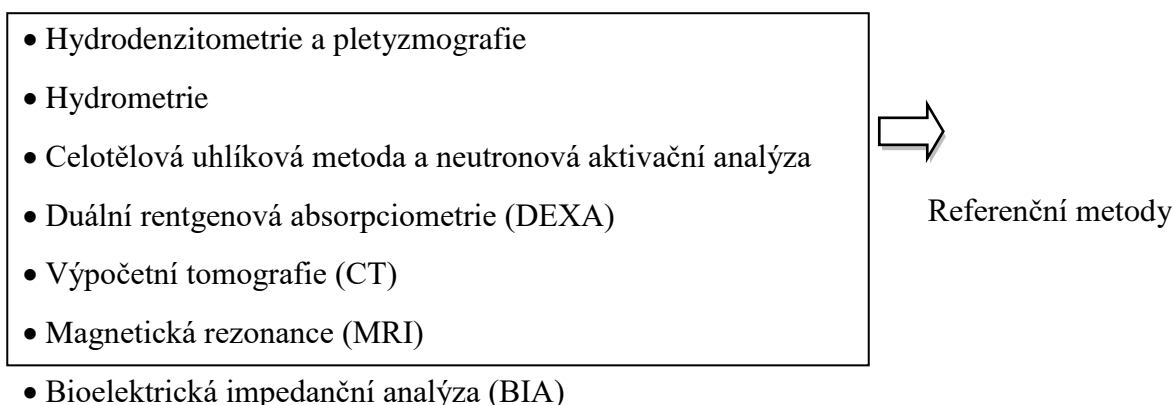
2.5 Diagnostika tělesného složení

V praxi existuje velké množství diagnostických metod pro stanovení tělesného složení, které lze využívat jak v laboratorních, tak i v terénních podmínkách. Výběr diagnostické metody je závislý převážně na cílech, sledovaných probandech a podmínkách, ve kterých se měření realizuje. Přesné výsledky měření nám poskytují převážně laboratorní metody - denzitometrie, hydrostatické vážení, DEXA, BIA (Dias et al., 2001).

2.5.1 Biofyzikální a biochemické metody

Diagnostika tělesného složení v současné době opírá především o biochemické a biofyzikální postupy (Heymsfield, 2005).

Výčet používaných metod pro pokročilou analýzu složení těla podle Heymsfield (2005):



Za referenční metody považujeme metody, jejichž výsledky jsou přesné a vzájemně porovnatelné, avšak jejich využití v praxi není tak časté. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena a provozní náklady s celkovou náročností na prostory. Proto není možné jejich široké využití. Pro měření tělesného složení jsou častěji využívány metody jednodušší a levnější, které jsou však méně přesné při porovnání s metodami referenčními. Patří zde např. kaliperace kožních řas nebo různé typy bioelektrické impedance (Heymsfield, 2006).

2.6 Zdravotní ukazatele tělesného složení

BMI je hmotnostně výškový index, jenž neumožňuje zaznamenat proměnlivost a změny jednotlivých tělesných složek. Vysoký podíl tukové složky (BFM) indikuje obezitu a patří k rizikovým faktorům. Tukuprostá hmota je důležitým adekvátním ukazatelem stravovacího a pohybového režimu. Díky dostatečnému množství vhodné pohybové aktivity dochází u člověka k úbytku tukové frakce a zároveň dochází nárůstu svalové frakce. Dlouhodobá snížená pohybová aktivita se významně projevuje v zastoupení jednotlivých komponent tělesného složení a může vést k rizikovým onemocněním (Kyle et al., 2004).

Pokud tělesnou hmotnost diferencujeme na hmotnost tukuprosté hmoty a hmotnost tuku, získáme dva následující indexy – FFMI (Fat-Free Mass Index) a BFMI (Body Fat Mass Index). Pro posouzení rizik zdravotních problémů využíváme BFMI. BFMI udává podíl hmotnosti tukové frakce (kg) k druhé mocnině tělesné výšky (m^2 jedince). Vyšší hodnoty BFMI (kg/cm^2) signalizují relativně vyšší riziko zdravotních komplikací obezity a je možno je označit jako index rizikovosti tělesného složení pro obezitu. Zdravotně bezpečné rozmezí BFMI je vymezeno pro ženy 3,9–8,1 kg/m^2 a pro muže 1,8–5,1 kg/m^2 . Vysoké riziko zdravotních důsledků signalizují hodnoty BFMI vyšší než 11,8 (Kyle et al., 2004).

K tukuprosté hmotě se vztahuje fat-free mass index (FFMI). Součet FFMI a BFMI odpovídá hodnotě body mass indexu (Tabulka 15). FFMI vyjadřuje nižší nebo vyšší zastoupení svalstva. Optimální rozmezí FFMI je hodnoceno v rozmezí 14,6–16,7 kg/m^2 (Kyle et al., 2004).

Tabulka 15. hodnoty BFMI a FFMI vztahující se k jednotlivým pásmům BMI (upraveno dle Kyle et al., 2004)

BMI (kg/m^2)	FFMI (kg/m^2)	FMI (kg/m^2)	% celkového tuku (%)
pro MUŽE s			
BMI=30	21,7	8,3	28,8
BMI=27,8	20,9	6,9	25,8
BMI=25	19,8	5,2	21,7
BMI=20	17,5	2,5	13,4
BMI=18,5	16,7	1,8	10,8
Pro ŽENY s			
BMI=30	18,2	11,8	40,0
BMI=27,3	17,5	9,8	36,5
BMI=25	16,8	8,2	33,2
BMI=20	15,1	4,9	24,6
BMI=18,5	14,6	3,9	21,7

Xiong et al. (2012) provedl studii, jejímž cílem bylo zkoumat vliv pohlaví a věku na fat-free mass (FFM) a fat mass (FM), fat-free mass index (FFMI) a fat mass index (FMI) u čínských dětí. Celkem se této studii účastnilo 1458 dětí (790 chlapců a 668 dívek) ve věku 5 až 18 let. Výsledky této studie vypovídají, že u dětí ve věkovém rozmezí 5–11 let se nezaznamenaly rozdíly FM a FMI mezi pohlavími. U této věkové skupiny by zjištěn simultánní nárůst FFM a FM u obou pohlaví. Nicméně pro starší věkovou skupinu 12–18 let byl zaznamenán s věkem nárůst hmotnosti a BMI, a to do značné míry díky přírůstku FFM a FFMI u chlapců a u dívek díky FM a FMI.

Tabulka 16. Tělesné složení u čínských dívek podle věkových skupin (upraveno dle Xiong et al., 2012)

Age group	N	Height		Weight		BMI		FM		FMI		FFM		FFMI		FAT	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
5	24	110.76	4.22	20.99	2.62	17.08	1.66	5.28	1.88	4.29	1.45	15.70	1.26	12.82	0.59	24.63	6.17
6	35	116.52	4.94	22.60	4.27	16.56	2.42	5.41	3.07	3.93	2.15	17.19	1.79	12.63	0.63	22.59	8.74
7	44	121.76	6.77	24.86	4.33	16.64	1.76	5.72	2.70	3.81	1.68	19.14	2.45	12.87	0.76	21.96	7.23
8	43	128.19	5.66	28.50	5.87	17.24	2.69	7.25	3.77	4.36	2.12	21.25	2.77	12.88	0.84	24.17	7.78
9	48	133.56	5.75	29.38	4.12	16.43	1.63	6.40	2.39	3.60	1.37	22.99	3.09	12.83	0.91	21.56	6.40
10	35	139.27	7.57	35.07	9.20	17.85	3.23	8.95	4.97	4.51	2.25	26.11	5.06	13.34	1.34	24.08	7.78
11	44	147.48	8.43	41.31	10.37	18.75	3.05	10.71	5.57	4.80	2.16	30.60	5.57	13.95	1.19	24.70	7.21
12	66	152.80	7.81	43.76	8.40	18.61	2.37	10.67	3.92	4.53	1.51	33.09	5.54	14.08	1.28	23.77	5.52
13	52	155.34	10.13	49.75	8.42	20.50	2.23	13.93	4.53	5.76	1.70	35.82	5.45	14.74	1.11	27.64	5.58
14	50	156.72	6.51	50.53	6.87	20.57	2.59	14.84	4.01	6.07	1.76	35.69	4.36	14.50	1.21	29.07	4.86
15	66	158.17	6.07	54.55	7.80	21.78	2.68	17.51	4.79	7.00	1.88	37.04	4.02	14.78	1.05	31.70	4.91
16	61	159.20	5.20	55.19	6.78	21.74	2.11	17.52	4.24	6.91	1.60	37.66	4.02	14.83	1.05	31.58	5.26
17	57	159.14	5.57	54.70	6.35	21.58	2.09	17.60	3.93	6.95	1.51	37.10	3.59	14.63	1.01	31.92	4.44
18	43	157.55	5.04	52.25	4.97	21.06	1.97	15.92	3.58	6.44	1.54	36.33	3.18	14.62	0.90	30.40	5.14

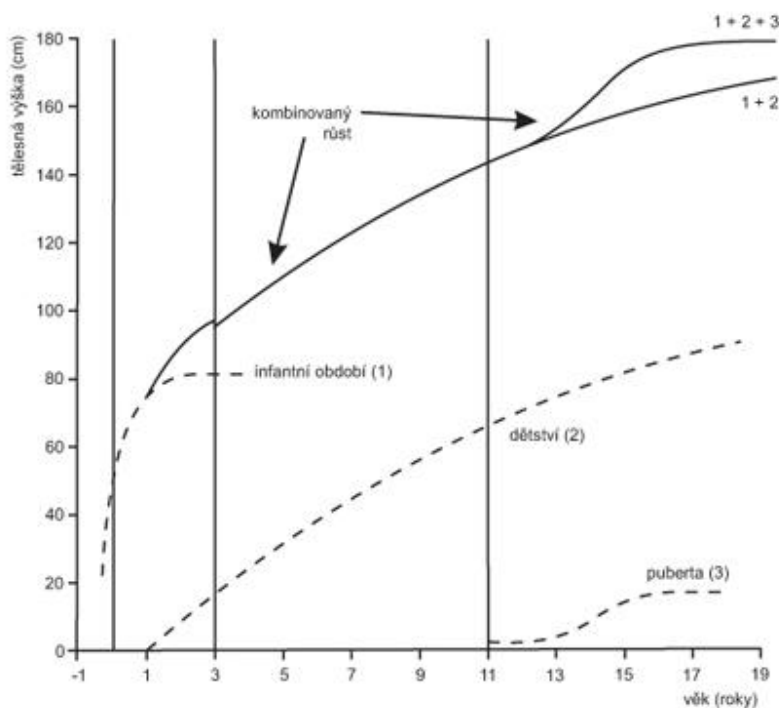
2.7 Tělesné složení a jeho vývoj v období mladšího školního věku

Během života dochází v tělesném vývoji jedince k nerovnoměrným změnám. Vzájemně se střídají období zrychleného tělesného růstu s vývojovým klidem růstu tkání, orgánů a období zpomaleného tělesného růstu s diferenciací tkání. Mění se také lokalizace a množství tukové tkáně, jež jsou ovlivněny růstem, vývojem organismu a pohlavím jedince (Hainerová, 2007).

Celosvětově dnes všeobecně akceptovaným konceptem podle švédského auxologa Karlberga je humánní růst trojkomponentní, tzv. ICP model růstu (Infancy – Childhood – Puberty), často též označovaný jako sendvičový (Obrázek 12). Střed růstového sendviče tvoří dětství (C), období klidného, pravidelného, lineárního růstu, obklopený dvěma odlišnými,

sobě si však podobnými etapami růstu: infantní (I) a pubertální (P). Obě tato období jsou charakteristická intenzivním růstem a podobnou hormonální situací (www.porucharustu.cz).

Tyto tři komponenty růstu byly definovány na základě poznání hormonálního řízení a dynamiky růstu organismu. Infantní růstová komponenta, která je nezávislá na růstovém hormonu daného jedince, se uplatňuje již od druhé poloviny nitroděložního života a představuje příspěvek k růstu plodu po narození. Komponenta růstu C (dětství) se začíná uplatňovat u zdravých dětí ještě před ukončením prvního roku života; je spojena s působením růstového hormonu a trvá s mírně klesajícím vlivem až do ukončení tělesného růstu. Pubertální komponenta růstu představuje fázi přídatného růstu vyvolaného účinkem pohlavních hormonů a je spojena s obdobím růstového spurtu. Znalost zákonitostí růstu podle ICP modelu lze označit za jednu ze základních podmínek kvalitního stanovování růstové diagnózy (www.porucharustu.cz).



Obrázek 12. ICP model růstu podle Karlberga

(upraveno dle <http://www.porucharustu.cz/auxologie-a-icp-rustovy-model.html>)

Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006) uvádí, že člověk ve srovnání s jiným biologickým druhem roste relativně pomalu, jeho skutečným specifickým znakem je dlouhé dětství. Každé dítě má svou individuální růstovou formuli, u níž je zcela shodný typ růstu jen výjimečný.

Období	Používaná konvenční hranice	Biologické vymezení
PRVNÍ DĚTSTVÍ (Infans I)	končí v 7 letech	po prořezání M1
novorozenec	28 dní	od přestřížení pupečního provazce do zahojení pupeční jizvy
kojenec	12 měsíců	jen několik měsíců, do prořezání prvního zubu, asi 6 měsíců
Batole	od 1 roku do 3 let	růst mléčného chrupu, motorický vývoj, ovládnutí chůze
předškolní věk	od 4 do 6–7 let	změna postavy, první vytáhlost
DRUHÉ DĚTSTVÍ (Infans II)	končí ve 14–15 letech	do prořezání M2
mladší školní věk	od 6–7 do 11 let	růst trvalého chrupu, první známky sekundárních pohlavních znaků
starší školní věk	od 11–15 let	dospívání – puberta (menarche, poluce), druhá změna postavy
DOSPĚLOST dorostenecký věk (Juvenis)	od 15–18 let	od dosažení pohlavní dospělosti adolescence (mladistvá dospělost)

Obrázek 13. Časové rozdělení jednotlivých období vývoje jedince (upraveno dle Riegerové et al., 2006)

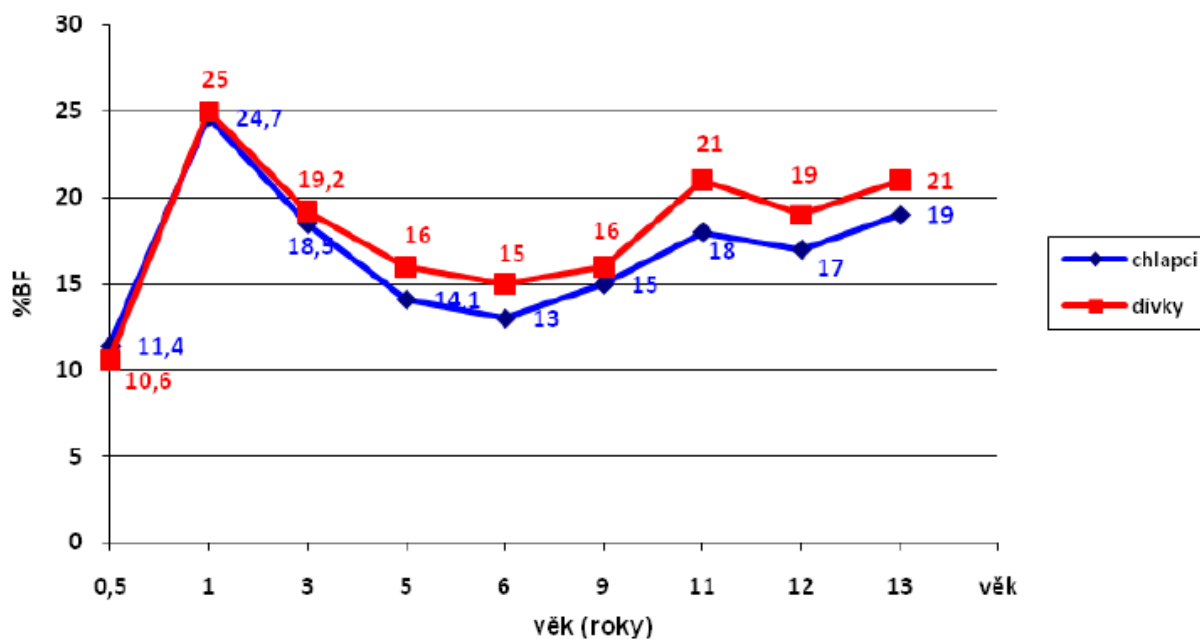
Z hlediska dynamiky tělesného složení, vyjádřeného množstvím tukové tkáně, se rozlišují tři vývojová období (Lohman, 1992):

A. První období

V období prenatálního vývoje plodu se tuková tkáň v organismu začíná diferenciovat již u 14gramového plodu. Organismus plodu obsahuje až 94 % vody a 1 % tukové tkáně z celkové hmotnosti. Organismus kojence po narození s porodní váhou 3,5 kg obsahuje tukové tkáně cca 10 %, koncem tohoto období cca 25 % celé tělesné hmotnosti. Přibližně od jednoho roku dítěte dochází k postupnému ubývání tukové tkáně na úkor rozvoje svalové tkáně a ostatních tkání v organismu (Lohman, 1992).

B. Druhé období

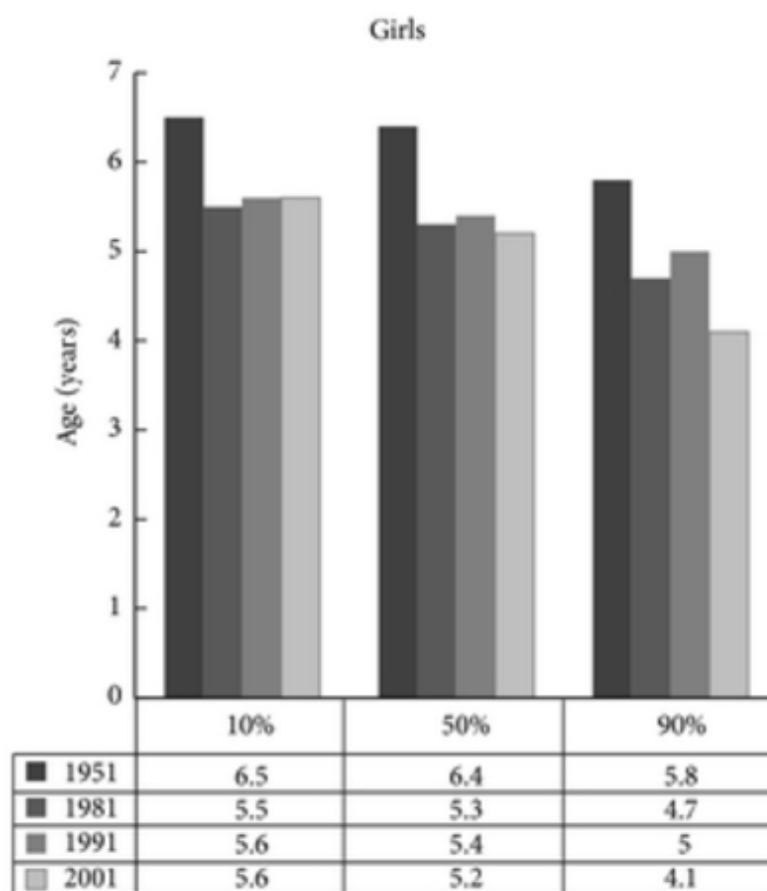
Podle Lohmana (1992) se toto období nachází mezi 3. až 5. rokem života a hodnota tukové tkáně je na stabilní úrovni. Maximální úroveň tukové tkáně je dosaženo kolem 6. roku života, kdy dochází ke skokovému zvýšení (AR–adiposity rebound) podílu tukové složky (Dietz, 2001).



Obrázek 14. Změny % BFM v závislosti na věku dítěte (upraveno dle Tláškala, 2006)

Tento jev souvisí s nástupem tzv. druhého období plnosti, kdy růst tělesné hmotnosti převyšuje růst tělesné výšky. RA následuje kontrastně po období a stavu organismu, kdy má dítě nejnižší BMI (Obrázek 14) a následně dochází vzestupu BMI, tělesné hmotnosti a zvýšení podílu tukové tkáně (Williams et al, 2000).

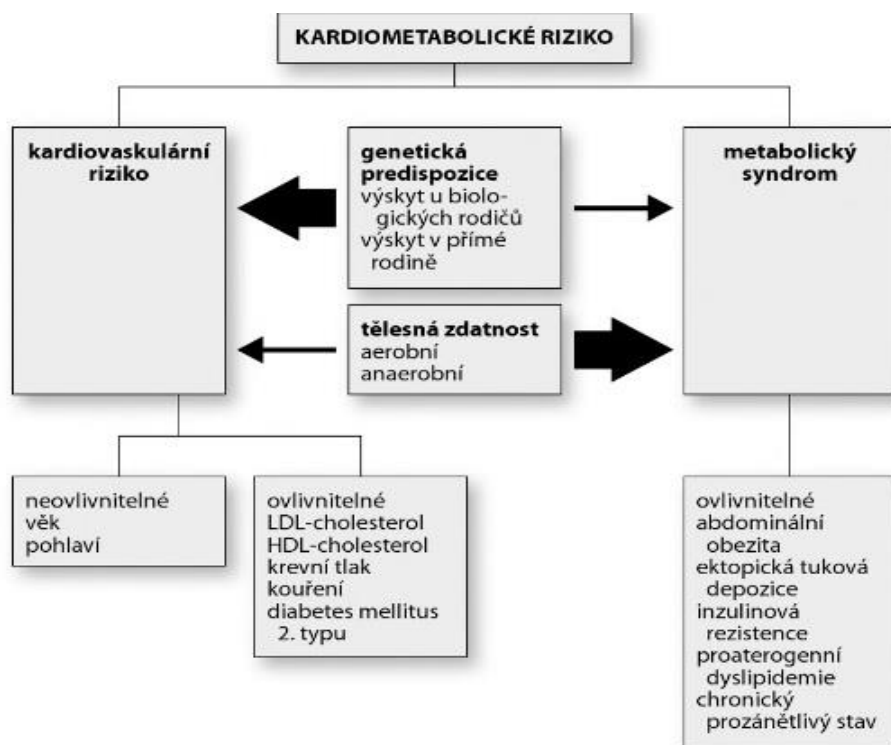
AR se objevuje v rozmezí mezi 4.–8. rokem života. Jako fyziologický je označován výskyt AR mezi 6.–7. rokem života dítěte. Za posledních 50 let se věková hranice průměrného nástupu AR posunula přibližně o více než rok směrem k nižším věkovým hodnotám (Obrázek15). Celostátní antropologický výzkumu (CAV 2001) poukazuje na posun AR na 50. percentilu BMI o 1,3 roku, z původních 6,2 na 4,9 roku u chlapců a u dívek posun o 1,2 roku, tedy z 6,4 na 5,2 roku věku (Vignerová et al., 2001).



Obrázek 15. Adiposity rebound letech 1957-2001 u českých dívek: 10., 50. a 90. percentil BM (upraveno dle Sedláka et al., 2015)

Rolland Cachera et al. (2006) poukazuje na studie, jež prokázaly, že děti, které zažívají AR v raném věku (5 až 5,5 roku), jsou vystaveny riziku vzniku obezity, diabetu 2. typu či metabolickému syndromu. Období AR je často označováno jako první období predikce nadváhy a obezity do dospělosti.

Péneau et al. (2016) se věnovali dlouhodobé studii zaměřené na identifikaci věku nástupu AR a jeho vztahu k celkovému zdravotnímu stavu v dospělosti. Do této studie bylo zapojeno 1465 probandů ve věku 20–60 let. Výsledky prokázaly, že s nástupem dřívější AR byl obvod pasu v dospělosti větší jak u mužů, tak i žen. Navíc ženy s dřívějším výskytem AR prokazovaly vyšší diastolický krevní tlak, více cholesterolu v krvi. Tato dlouhodobá studie ukázala na to, že věk v době AR byl spojen s kardiometabolickým syndromem ovlivňující zdravotní stav v dospělosti (Obrázek 16). Výsledky studií zdůrazňují důležitost monitorování AR v dětství, které mohou napomáhat identifikovat děti s rizikem vzniku kardiovaskulárních onemocnění v dospělosti.



Obrázek 16. Kardiometabolické riziko (upraveno dle www.remedia.cz)

C. Třetí období

Lohman (1992) uvádí, že toto období je spojeno s další vývojem po AR a je charakteristické spojitým nárůstem % BFM až do 11. roku života jedince. U chlapců mezi 5.–13. rokem narůstá svalová hmota ze 42 % na 54 % a u dívek mezi 5.–13. rokem pouze ze 40 % na 45 %, poté dochází ke zmnožování tukové vrstvy. Podle Hainer et al. (2004) těsně před nástupem puberty dochází k mírnému poklesu % BFM, což je jedním z fyziologických projevů mladého organismu. Řada autorů se shoduje, že právě tento jev, kdy dochází k poklesu tukové tkáně, je druhým senzitivním obdobím predikujícím vznik obezity v dospělosti.

2.8 Hodnocení obezity u dětské populace ve světě a v ČR

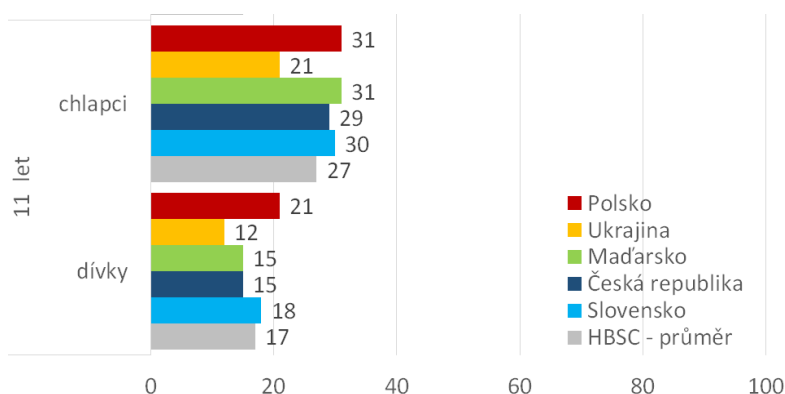
Obezita je stav, ve kterém energetická rezerva člověka v tukové tkáni stoupla nad obvyklou úroveň a poškozuje zdraví. Obezita patří mezi multifaktoriálně podmíněné poruchy. Vzniká jako důsledek společného působení určitých genetických dispozic a faktorů vnějšího prostředí. Obezita v dětství se často přenáší i do dospělosti a nese s sebou řadu závažných zdravotních problémů. Odborníci dnes hovoří o pandemii obezity a dle WHO zaujímá obezita jedno z prvních míst zdravotních problémů současného lidstva (Hainer et al., 2004)

Hodnocení nadváhy a obezity

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, u dospělé populace je nejčastěji používán body mass index (BMI), jehož pásma jsou odvozena od evropské populace tak, aby odpovídala riziku vzniku chronických onemocnění. U dětí a dospívajících je měření nadváhy a obezity obtížnější. V roce 1994 International Obesity Task Force (OTF) uznala BMI jako standardní ukazatel míry obezity i u dětí. Definice nadváhy a obezity u dětské populace se odvíjí od dostupných percentilových grafů. Celosvětově uznávaná kritéria pro nadváhu a obezitu dětí doposud neexistují, z toho důvodu se ve světě můžeme setkat s různými definicemi nadváhy a obezity. Srovnáme-li např. současné BMI tabulky ve Velké Británii a v České republice, zjistíme, že populace českých dětí je ve srovnání s britskou hodnocena mírněji (Cole et al., 2000).

Současný stav nadváhy a obezity v ČR a ve světě

Výsledky výzkumu mezinárodní studie WHO – HBSC – Health Behaviour in School Aged Children (2010) uvádí, že nadváhou a obezitou trpí přibližně 1/5 chlapců a 1/10 dívek. Nadváha se častěji vyskytuje u chlapců než u dívek, a to ve všech věkových skupinách (Kalman et al., 2011). V současnosti se podílí na výzkumu 44 států Evropy a Severní Ameriky. Poslední sběr dat se uskutečnil ve školním roce 2013/2014 a zúčastnilo se jej 219 460 školáků. Z České republiky se zapojilo 5055 dětí.



Obrázek 17. Výskyt nadváhy a obezity v % (upraveno dle Geckové et al., 2016)

V České republice podle posledních údajů (WHO) po roce 2009 je 45,9 % dospělé populace v normě (BMI 18,5–24,99) z hlediska tělesné hmotnosti a 15,1 % dospělé populace odpovídá pásmu obezity (BMI \geq 30).

Státní zdravotní ústav již od roku 1951 provádí celostátní antropologické výzkumy (CAV), které dokládají skutečnost, že za posledních 50 let lze pozorovat u českých dětí výrazné změny v hmotnosti, ve výšce a v BMI. Data z roku 1991 upozorňují na výskyt nadváhy u 11 % dětí ve věku 5–17 let. V rámci 6. CAV (2001) bylo antropologicky vyšetřeno 3–5 % dětské a dospívající populace od narození do 19 let. V rámci tohoto výzkumu dětské obezity v ČR bylo šetřeno 3340 dětí ve věku od 7 do 11 let. Výsledky poukázaly na 13 % výskyt nadváhy a obezity u českých dětí (Kunešová et al., 2011). Je patrné, že se oproti roku 1991 (Tabulka 17) zvýšil počet dětí s nadváhou i obezitou v mladším školním věku (6,00–10,99 roku). U chlapců stoupla nadváha ze 7 % na 8,9 % a obezita ze 3 % na 6,6 %. U dívek byl zaznamenán nárůst nadváhy na 8,5 % a obezity na 5,6 %. Z výsledků studie je patrný nárůst počtu obézních dětí ve věku 7 až 11 let, u dívek nárůst o 1,7 % a u chlapců o 2,6 % (Vignerová et al., 2006).

Tabulka 17. Výskyt nadváhy, obezity a nízké hmotnosti u českých dětí v roce 2001 – dívky (upraveno dle Vignerové et al., 2006)

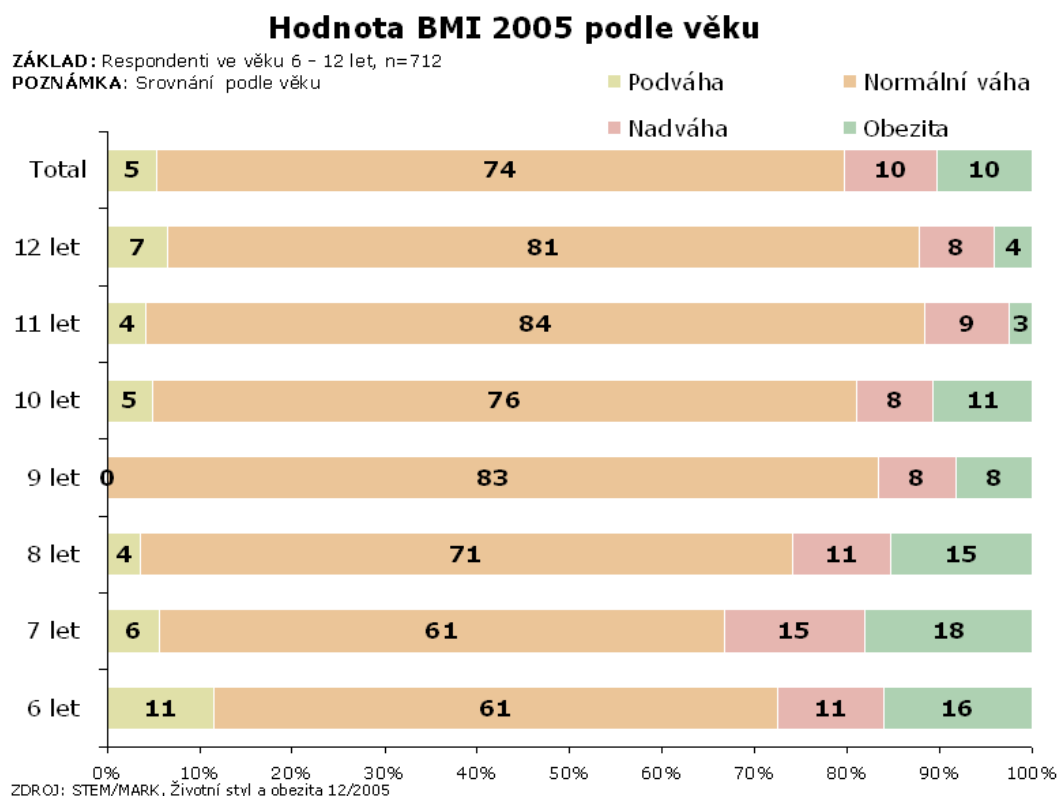
věk (roky)	n	referenční údaje ČR (CAV 1991)			mezinár. doporučené referenční údaje *)	
		nadváha (%)	obezita (%)	nízká hmotnost (%)	nadváha (%)	obezita (%)
očekávaný podíl (%)		7	3	10	7	3
3,00-5,99	2024	6,6	5,0	13,1	9,6	3,3
6,00-10,99	5936	8,5	5,6	8,1	13,4	3,2
11,00-14,99	6376	7,8	4,4	10,3	10,4	1,6
15,00-17,99	7896	6,0	2,5	13,3	6,9	0,8

Tabulka 18. Výskyt nadváhy, obezity a nízké hmotnosti u českých dětí v roce 2001 – chlapci (upraveno dle Vignerové et al., 2006)

věk (roky)	n	referenční údaje ČR (CAV 1991)			mezinár. doporučené referenční údaje *)	
		nadváha (%)	obezita (%)	nízká hmotnost (%)	nadváha (%)	obezita (%)
očekávaný podíl (%)		7	3	10	7	3
3,00-5,99	2100	4,6	4,6	14,1	6,0	3,4
6,00-10,99	5933	8,9	6,6	7,6	13,1	3,6
11,00-14,99	6341	9,3	5,6	9,5	13,9	2,4
15,00-17,99	5131	5,9	3,6	11,9	9,2	1,7

Česká studie *Životní styl a obezita* agentury STEM/MARK z roku 2005 jejímž iniciátorem byla Česká obezitologická společnost ČLS JEP ve spolupráci s Národní radou pro obezitu, provedla průzkum s cílem analyzovat změny prevalence obezity u českých dětí.

Tento průzkum byl proveden pomocí dotazníku, který byl zaslán rodičům. V rámci průzkumu byla dětská populace rozdělena podle věku do skupin: 6–12 let a 13–17 let. V první skupině 6–12 let má podle indexu BMI 10 % dětí nadváhu a 10 % je obézních a nadměrnou hmotností trpí každé páté dítě v tomto věku (Obrázek 18). Největší podíl dětí s obezitou (18 %) je mezi sedmiletými, tedy těsně po AR a zahájení školní docházky. Ve věku 13–17 let je dětí s nadváhou 6 % a 5 % obézních. Oproti studii z roku 2000/2001 byl zjištěn vzestup obezity o 1,9 % u dětí ve věku 6–17 let (STEM/MARK, 2006).

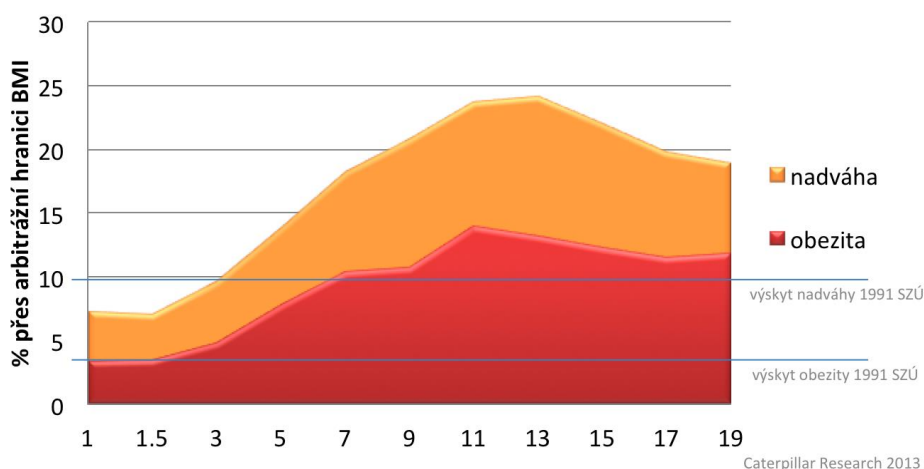


Obrázek 18. Životní styl a obezita u dětí ve věku 6-12 let (upraveno dle STEM/MARK, 2006)

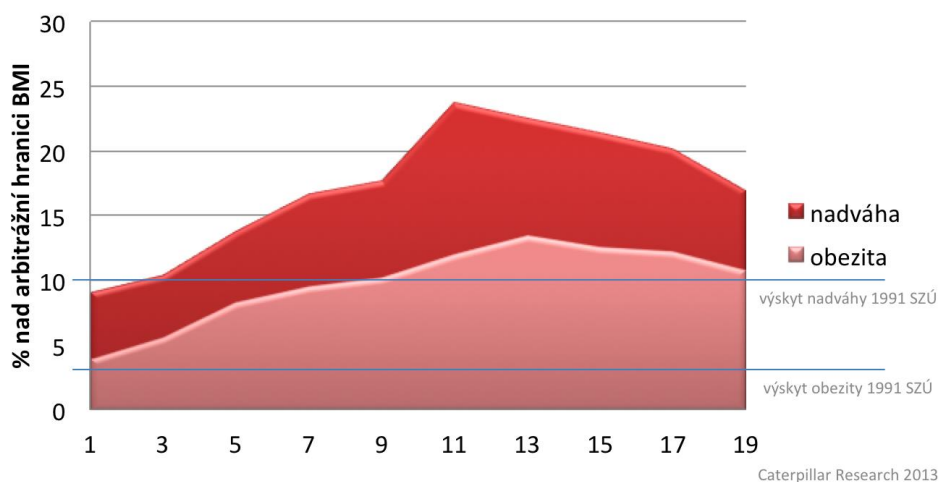
V roce 2006 byl proveden průzkum výskytu nadváhy a obezity u 7427 českých dětí. Toho průzkumu se účastnilo 57 lékařů, kteří ošetřovali celkem 47 051 dětí do 18 let. Vyšetření bylo provedeno u 7427 dětí ve věkových kategoriích 5, 13 a 18 let. Jako kritérium nadváhy byl zvolen 90. percentil BMI a jako obezita byly označeny děti na 97. percentilu BMI. Výsledky průzkumu ukázaly nadváhu u 1,8 % a obezitu u 4,2 % dětí. Z toho nadváha byla u 1,8 % dívek a 1,7 % u chlapců, obezita u 4,4 % dívek a 3,9 % u chlapců. V 5 letech trpělo nadváhou 1,6 % a obezitou 3,6 % dětí, ve 13 letech 2,6 % nadváhou a obezitou 5,7 % a v 18 letech nadváhou 1,2 % a obezitou 3,0 %. Tyto výsledky ukazují, že výskyt nadváhy a obezity u našich dětí není zdaleka hrozivý, avšak prevalence obezity u 4,2 % dětí je stále

alarmující a zejména této skupině dětí by měli nejen pediatři, ale i celá veřejnost věnovat maximální péči (Šrámek & Urbancová, 2008).

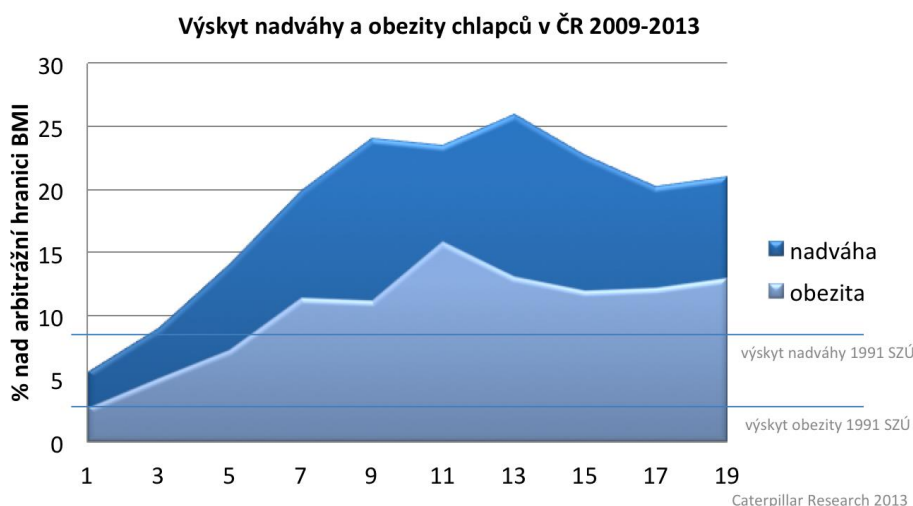
Vzhledem k tomu, že neproběhl sedmý celostátní antropologický výzkum, který byl plánován na rok 2011, nemáme v současnosti u dětí validní data o výskytu nadváhy a obezity. Na základě spolupráce dětských lékařů a záznamů preventivních prohlídek vznikl projekt Caterpillar® Reasearch. Cílem tohoto projektu bylo zjistit aktuální stav výskytu nadváhy a obezity u dětské populace v ČR (<http://caterpillar.sdetmiprotiobezite.cz>). Výsledky průzkumu jsou znázorněny na obrázcích 19, 20 a 21.



Obrázek 19. Výskyt nadváhy a obezity u dětí v ČR 2009–2013 (upraveno dle <http://sdetmiprotiobezite.cz>)



Obrázek 20. Výskyt nadváhy a obezity u dívek v ČR 2009–2013 (upraveno dle <http://sdetmiprotiobezite.cz>)



Obrázek 21. Výskyt nadváhy a obezity u chlapců v ČR 2009–2013 (upraveno dle <http://sdetmiprotiobezite.cz>)

Obezita jako celosvětový problém je sledována také v ostatních vyspělých zemích, ke kterým se řadí např. Spojené státy americké, Kanada, Austrálie, Spolková republika Německo.

Současné studie uvádějí, že dětská populace v USA má nejvyšší prevalenci nadváhy a obezity, a to i dokonce z hlediska extrémní obezity. Původní odhad WHO, že v roce 2010 bude činit podíl amerických dětí s nadváhou a obezitou 40 %, se vzhledem ke všem protiopatřením nenaplnil (Mc Cubbin et al., 2012). Dle posledních údajů WHO po roce 2009 je v USA 35,7 % dospělé populace z hlediska tělesné hmotnosti v normě (BMI 18,5–24,99) a 33,9 % dospělé populace odpovídá pásmu obezity (BMI ≥ 30).

Výsledky studie z let 2011–2012 (NHANES) naznačují, že podle odhadů 16,9 % amerických dětí a dospívajících ve věku 2–19 let jsou obézní a 14,9 % trpí nadváhou. Pro hodnocení nadváhy a obezity byla využita kritéria 2000 CDC (Cheryl et al., 2014).

Tabulka 19. Výskyt nadváhy a obezity u amerických dětí ve věku 2-19 let (upraveno dle Cheryl et al., 2014)

Survey period	Sample (n)	All ¹		Boys		Girls ¹	
		Overweight	Obese	Overweight	Obese	Overweight	Obese
Percent (standard error)							
1971–1974	7,041	10.2 (0.6)	5.2 (0.3)	10.3 (0.8)	5.3 (0.5)	10.1 (0.8)	5.1 (0.4)
1976–1980	7,351	9.2 (0.4)	5.5 (0.4)	9.4 (0.6)	5.4 (0.4)	9.0 (0.5)	5.7 (0.6)
1988–1994	10,777	13.0 (0.7)	10.0 (0.5)	12.6 (0.8)	10.2 (0.7)	13.4 (0.9)	9.8 (0.8)
1999–2000	4,039	14.2 (0.9)	13.9 (0.9)	15.0 (1.9)	14.0 (1.2)	13.4 (0.8)	13.8 (1.1)
2001–2002	4,261	14.6 (0.6)	15.4 (0.9)	14.2 (0.7)	16.4 (1.0)	15.0 (0.9)	14.3 (1.3)
2003–2004	3,961	16.5 (0.8)	17.1 (1.3)	16.6 (1.0)	18.2 (1.5)	16.3 (0.9)	16.0 (1.4)
2005–2006	4,207	14.6 (0.9)	15.4 (1.4)	14.7 (1.2)	15.9 (1.5)	14.6 (1.0)	14.9 (1.6)
2007–2008	3,249	14.8 (0.7)	16.8 (1.3)	14.3 (0.7)	17.7 (1.4)	15.4 (1.5)	15.9 (1.5)
2009–2010	3,408	14.9 (0.8)	16.9 (0.7)	14.4 (1.0)	18.6 (1.1)	15.4 (0.9)	15.0 (0.8)
2011–2012	3,355	14.9 (0.9)	16.9 (1.0)	15.4 (1.4)	16.7 (1.4)	14.5 (1.5)	17.2 (1.2)

¹Excludes pregnant females.

NOTE: Overweight is body mass index (BMI) greater than or equal to the 85th and less than the 95th percentiles from the sex- and age-specific 2000 CDC Growth Charts. Obesity is BMI greater than or equal to the 95th percentile.

SOURCE: CDC/NCHS, National Health and Nutrition Examination Survey.

Table 2. Prevalence of obesity among children and adolescents aged 2–19 years, by sex and age: United States, selected years 1963–1965 through 2011–2012

Survey period	All ¹			Boys			Girls ¹					
	2–5 years	6–11 years	12–19 years	2–5 years	6–11 years	12–19 years	2–5 years	6–11 years	12–19 years			
Percent (standard error)												
1963–1965/ 1966–1970 ²	---	---	4.2 (0.4)	4.6 (0.3)	---	---	4.0 (0.4)	4.5 (0.4)	---	---	4.5 (0.6)	4.7 (0.3)
1971–1974	5.0 (0.6)	4.0 (0.5)	6.1 (0.6)	6.1 (0.6)	5.0 (0.9)	4.3 (0.8)	6.0 (0.8)	4.9 (0.8)	3.6 (0.6)	6.2 (0.8)	4.7 (0.3)	6.2 (0.8)
1976–1980	5.0 (0.6)	6.5 (0.6)	5.0 (0.5)	5.0 (0.5)	4.6 (0.6)	6.7 (0.8)	4.8 (0.5)	5.4 (1.0)	6.4 (1.0)	5.3 (0.8)	6.4 (1.0)	5.3 (0.8)
1988–1994	7.2 (0.7)	11.3 (1.0)	10.5 (0.9)	10.5 (0.9)	6.2 (0.8)	11.6 (1.3)	11.3 (1.3)	8.2 (1.1)	11.0 (1.4)	9.7 (1.1)	11.0 (1.4)	9.7 (1.1)
1999–2000	10.3 (1.7)	15.1 (1.4)	14.8 (0.9)	14.8 (0.9)	9.5 (2.3)	15.8 (1.8)	14.8 (1.3)	11.2 (2.5)	14.3 (2.1)	14.8 (1.1)	14.3 (2.1)	14.8 (1.1)
2001–2002	10.6 (1.8)	16.2 (1.6)	16.7 (1.1)	16.7 (1.1)	10.7 (2.4)	17.5 (1.9)	17.6 (1.3)	10.5 (1.8)	14.8 (2.3)	15.7 (1.9)	14.8 (2.3)	15.7 (1.9)
2003–2004	13.9 (1.6)	18.8 (1.3)	17.4 (1.7)	17.4 (1.7)	15.1 (1.7)	19.9 (2.0)	18.2 (1.9)	12.7 (2.5)	17.6 (1.3)	16.4 (2.3)	17.6 (1.3)	16.4 (2.3)
2005–2006	10.7 (1.1)	15.1 (2.1)	17.8 (1.8)	17.8 (1.8)	10.4 (1.7)	16.2 (2.5)	18.2 (2.4)	11.0 (1.2)	14.1 (2.4)	17.3 (2.1)	14.1 (2.4)	17.3 (2.1)
2007–2008	10.1 (1.2)	19.6 (1.2)	18.1 (1.7)	18.1 (1.7)	9.3 (1.5)	21.2 (1.6)	19.3 (2.2)	10.9 (2.1)	18.0 (2.1)	16.8 (2.0)	18.0 (2.1)	16.8 (2.0)
2009–2010	12.1 (1.2)	18.0 (0.8)	18.4 (1.3)	18.4 (1.3)	14.4 (1.8)	20.1 (1.0)	19.6 (2.3)	9.6 (1.7)	15.7 (1.0)	17.1 (1.3)	15.7 (1.0)	17.1 (1.3)
2011–2012	8.4 (1.3)	17.7 (1.6)	20.5 (1.7)	20.5 (1.7)	9.5 (1.9)	16.4 (1.8)	20.3 (2.4)	7.2 (2.1)	19.1 (1.7)	20.7 (2.0)	19.1 (1.7)	20.7 (2.0)

--- Data not available. Children aged 2–5 were not included in the surveys undertaken in the 1960s.

¹Excludes pregnant females starting with 1971–1974. Pregnancy status not available for 1963–1965 and 1966–1970.

²Data for 1963–1965 are for children aged 6–11; data for 1966–1970 are for adolescents aged 12–17 (not 12–19).

NOTE: Obesity is body mass index greater than or equal to the 95th percentile from the sex- and age-specific 2000 CDC Growth Charts.

SOURCE: CDC/NCHS, National Health and Nutrition Examination Survey.

V roce 2013–2014 provedla National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) pod vedením Daniella Sharfmanema další průzkum celkem u 1927 dívek a chlapců ve věku od 5–9 let a od 13 do 17 let. Výsledky průzkumu prokázaly, že 11,8 % dívek ve věku 5–9 let bylo obézních a 17,7 % trpělo nadváhou a u dívek ve věku 13–17 let

trpělo obezitou 18,6 % a nadváhou 19,9 %. U chlapců ve věku 5–9 let bylo 10,4 % obézních a 19,3% trpících nadváhou, ve věku 13–17 let se nacházelo 17,3 % obézních a 24 % s nadváhou (www.worldobesity.org).

V roce 2009 a 2012 proběhl národní výzkum obezity a nadváhy u kanadských dětí. Celkem se výzkumu zúčastnilo 2123 probandů v rozmezí 5–17 let. Výsledky výzkumu této věkové skupiny podle BMI kategorie IOTF prokázaly obezitu 7,1 % u dívek a 9,5 % u chlapců, stav nadváhy u dívek byl 17 % u chlapců 15,8 %.

Ačkoli se nadváha a obezita u dětí v Kanadě v posledním desetiletí výrazně nezvýšily, přetrvávají obavy z jejich možného nárůstu.

Tabulka 20. Procentuální zastoupení dětí a mladistvých ve věku (5–17) s nadváhou a obezitou (upraveno dle Roberts et al., 2012)

Characteristics	Thinness		Normal weight				Overweight				Obesity					
	WHO		IOTF		WHO		IOTF		WHO		IOTF		WHO		IOTF	
	95% confidence interval		95% confidence interval		95% confidence interval		95% confidence interval		95% confidence interval		95% confidence interval		95% confidence interval		95% confidence interval	
	%	from to	%	from to	%	from to	%	from to	%	from to	%	from to	%	from to	%	from to
Total	2.2 ^E	1.1 4.1	1.6 ^F	0.8 3.2	66.4	62.8 69.8	73.6	69.7 77.3	19.8	16.6 23.4	16.4	13.4 19.9	11.7	9.9 13.7	8.4	6.8 10.2
Age group (years)																
5 to 11	F	...	1.0 ^F	0.5 1.9	65.5	61.7 69.2	76.4	72.6 79.9	19.7	16.4 23.4	14.7	12.1 17.9	13.1	10.5 16.3	7.9	5.8 10.5
12 to 17	F	...	F	...	67.2	60.2 73.6	70.9	63.9 77.0	19.9	15.0 25.8	18.0	13.8 23.1	10.2	7.3 14.1	8.9	6.3 12.3
Sex																
Boys	F	...	F	...	62.3	56.3 68.0	72.7	65.8 78.6	19.4	15.1 24.4	15.8	11.7 21.1	15.1	12.6 17.9	9.5	7.4 12.2
Girls	1.0 ^F	0.6 1.6	1.2 ^F	0.7 2.2	70.8	64.6 76.3	74.7	68.7 79.9	20.2	15.8 25.6	17.0	13.0 21.8	8.0*	5.7 11.1	7.1	5.0 10.0

* significantly different from boys (p<0.05)

^E use with caution

F too unreliable to be published

... not applicable

Source: 2009 to 2011 Canadian Health Measures Survey.

	Thinness			Normal weight			Overweight			Obesity		
	95% confidence interval			95% confidence interval			95% confidence interval			95% confidence interval		
	%	from	to	%	from	to	%	from	to	%	from	to
Total	2.2 ^E	1.1	4.1	66.4	62.8	69.8	19.8	16.6	23.4	11.7	9.9	13.7
Age group (years)												
5 to 11	F	...	...	65.5	61.7	69.2	19.7	16.4	23.4	13.1	10.5	16.3
12 to 17	F	...	...	67.2	60.2	73.6	19.9	15.0	25.8	10.2	7.3	14.1
Boys	F	...	...	62.3	56.3	68.0	19.4	15.1	24.4	15.1	12.6	17.9
Age group (years)												
5 to 11	F	...	...	59.0	51.9	65.7	19.8	14.8	26.0	19.5	15.5	24.1
12 to 17	F	...	...	65.6	55.3	74.6	18.9 ^E	12.6	27.5	10.7*	7.5	15.0
Girls	1.0 ^F	0.6	1.6	70.8	64.6	76.3	20.2	15.8	25.6	8.0 ^F	5.7	11.1
Age group (years)												
5 to 11	1.5 ^F	0.7	3.1	72.6 ^F	69.8	75.2	19.6	16.1	23.6	6.3 ^F	4.1	9.8
12 to 17	F	...	...	69.0	58.5	77.9	20.9	14.9	28.6	9.6 ^F	6.0	15.1

* significantly different from ages 5 to 11 (p<0.05)

^F significantly different from boys (p<0.05)

^E use with caution

F too unreliable to be published

... not applicable

Source: 2009 to 2011 Canadian Health Measures Survey.

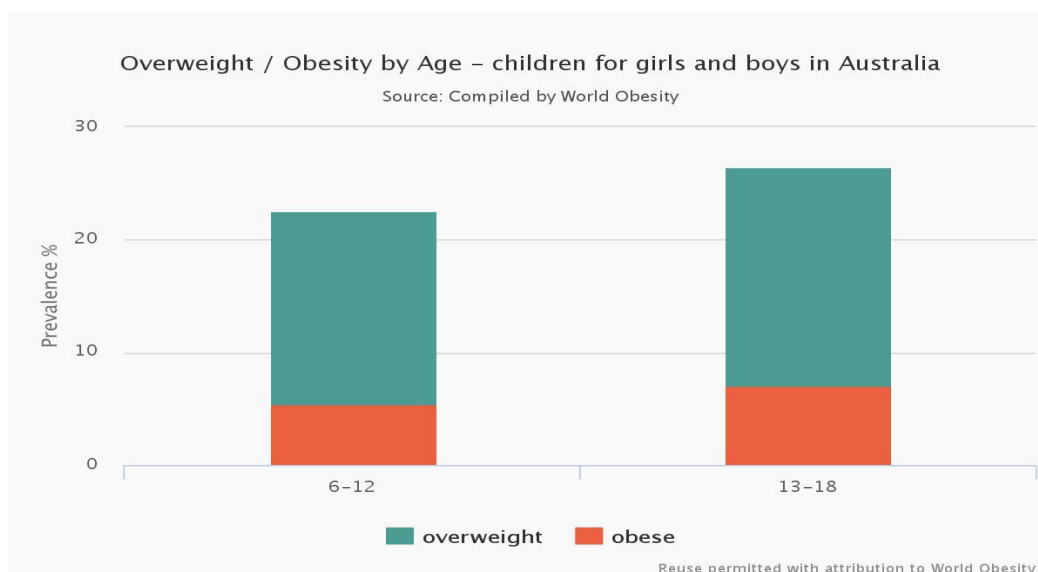
Dle posledních údajů WHO v Austrálii odpovídá 39,2 % dospělé populace z hlediska tělesné hmotnosti pásnu normy (BMI 18,5–24,99) a 16,4 % pásnu obezity (BMI \geq 30). Austrálie, co se týče hodnocení obezity, dosahuje příznivějších výsledku oproti USA.

Studie provedena v roce 2006 a 2012 zaměřená na prevalenci nadváhy a obezity u australských školáků v rozmezí 6–18 let s celkovým počtem probandů 12869 prokázala, že u dětí v rozmezí 6–12 let trpí 5,4 % obezitou a 17,2 % nadváhou a ve věkové kategorii 13–18 let je obézních 7 % a 19,5 % dětí spadá do kategorie nadváhy.

U dívek ve věku 6–18 let byla zjištěna obezita u 5,6 % a nadváha u 18,9 %. Chlapci dosahovali 7,1 % obezity a 17,7 % nadváhy.

Tabulka 21. Prevalence nadváhy a obezity u australských školáků v roce 2006 a 2012 podle pohlaví a věku (upraveno dle O'Dea & Dibley , 2014.)

Characteristic	2006		2012		Overweight		Obese		2006 <i>P</i> value*	2012 <i>P</i> value*
	<i>N</i>	<i>N</i>	% (95 % CI)	% (95 % CI)	% (95 % CI)	% (95 % CI)	% (95 % CI)	% (95 % CI)		
Sex										
Boys	4,157	6,630	3.8 (3.2, 4.4)	4.6 (4.1, 5.1)	17.7 (16.5, 18.9)	18.5 (17.6, 19.4)	7.5 (6.7, 8.3)	7.1 (6.5, 7.7)	0.001	<0.0001
Girls	4,393	5,813	5.0 (4.4, 5.6)	6.0 (5.4, 6.6)	18.9 (17.7, 20.1)	18.7 (17.7, 19.7)	5.8 (5.1, 6.5)	5.6 (5.0, 6.2)		
Age										
6–12 years	4,239	4,985	4.4 (3.8, 5.6)	5.5 (4.9, 5.1)	17.8 (16.6, 19.0)	17.2 (16.2, 18.2)	6.7 (5.9, 7.5)	5.4 (4.8, 6.0)	0.60	<0.0001
13–18 years	4,311	7,559	4.5 (3.9, 5.1)	5.1 (5.4, 6.6)	18.9 (17.7, 20.1)	19.5 (18.6, 20.4)	6.5 (5.8, 7.2)	7.0 (6.4, 7.6)		



Obrázek 22. Nadváha a obezita u australských dětí (upraveno dle www.worldobesity.org)

V Německu proběhla průřezová studie od roku 1998 až do roku 2008 zaměřená na sledování vývoje obezity a nadváhy u dětí ve věku 4–16 let. Celkem se této studii zúčastnilo 272 826 dětí a mladistvých (141 013 chlapců a 131 813 dívek). V celkové studii dětí ve věku 4–16 let byl zaznamenán významný vzestupný trend nadváhy a obezity mezi léty 1999–2003 a následný klesající trend v letech 2004–2008 (Blüher et al., 2011).

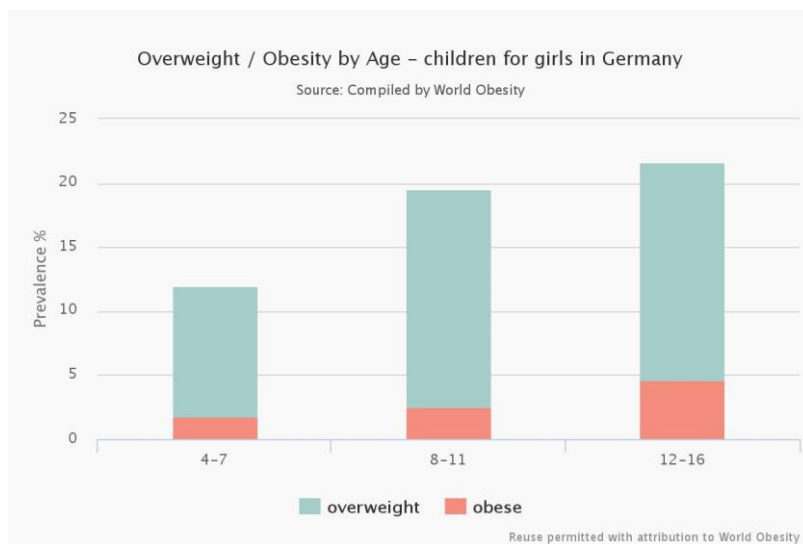
Analýzou podskupin nadváhy a obezity vzrostla prevalence ve většině skupin sledovaných až do roku 2004. V roce 2004 byla prevalence jak u dívek ve věku 12–16 let, tak u chlapců ve věku 8–16 let významně vyšší ve srovnání s rokem 2000. V roce 2008 byla zaznamenána významně nižší prevalence obezity a nadváhy u dětí ve věku 4–8 let ve srovnání s rokem 2004.

Z celkové studie tedy vyplývá, že v letech 1999 až 2003 docházelo k nárůstu obezity a nadváhy u německých dětí. V roce 2004 došlo ke stabilizaci toho trendu a následnému poklesu. Tyto údaje potvrzují celosvětový stabilizační trend v prevalenci dětské obezity (Blüher et al., 2011).

Tabulka 22. a) Procentuální výskyt nadváhy v u německých dívek a chlapců podle AGA a IOTF b) Procentuální výskyt obezity u německých dívek a chlapců podle AGA a IOTF (upraveno dle Blüher et al., 2011)

	Male			Female		
a) Age (years)	2000	2004	2008	2000	2004	2008
4 – 7.99	10.90	11.98	10.63***	13.00	13.14	11.26***
8 – 11.99	19.20	21.22*	19.90	18.80	18.51	18.57
12 – 16	15.40	19.64***	21.25	17.40	20.54***	20.87
IOTFCut-offs	2000	2004	2008	2000	2004	2008
4 – 7.99	14.90	16.97***	15.44***	13.80	13.89	11.91***
8 – 11.99	24.90	27.01*	25.41*	19.40	19.24	19.45
12 – 16	20.60	25.35***	26.93	18.00	21.24***	21.55
b) Age (years)	2000	2004	2008	2000	2004	2008
4 – 7.99	4.70	5.12	4.40**	5.40	5.72	4.65***
8 – 11.99	8.60	9.81	8.88	7.70	8.39	7.83
12 – 16	6.30	9.01***	9.91	7.30	10.07***	10.85
IOTF Cut-offs	2000	2004	2008	2000	2004	2008
4 – 7.99	3.50	4.09***	3.40***	2.10	2.33	1.76***
8 – 11.99	6.50	7.59*	6.77*	2.20	2.61	2.48
12 – 16	4.40	6.70***	7.64	2.70	4.48***	4.57

Dílčí hodnocení nadváhy a obezity u chlapců a dívek ve věku 4–16 let v roce 2008 prokázalo 16,7 % chlapců s nadváhou a 5,9 % s obezitou a u dívek 14,7 % spadalo do kategorie nadváhy a 2,9 % bylo obézních. Ve věkové kategorii 4–7 let bylo 1,8 % obézních dívek, ve věku 8–11 let bylo 2,5 % a 4,6% bylo obézních ve věku 12-16 let.



Obrázek 23. Nadváha a obezita u dívek ve věku 4–16 let (upraveno dle www.worldobesity.org)

3 CÍLE

Hlavním cílem diplomové práce je porovnat vybrané somatické parametry a zdravotní ukazatele tělesného složení u dívek mladšího školního věku, s ohledem na jednoletou věkovou kategorizaci.

Dílčí cíle:

1. Porovnat vybrané parametry tělesného složení dle věku.
2. Zhodnotit zastoupení dívek v kategoriích normální tělesné hmotnosti, nadváhy a obezity dle BMI.
3. Zhodnotit frekvenční diferenciaci v kategoriích nadváhy a obezity dle podílu tuku.
4. Popsat rozdíly v hodnotách BCMI v závislosti na věku.
5. Popsat rozdíly v hodnotách BFMI v závislosti na věku.
6. Zhodnotit zastoupení ECM/BCM v rámci věkových kategorií.

Výzkumné otázky:

1. Je zastoupení dívek v kategorii nadváhy a obezity stanovených dle BMI vyšší vzhledem k zastoupení v kategorii normální tělesné hmotnosti?
2. Nacházíme rozdíly mezi věkovými kategoriemi v parametrech BCMI a ECM/BCM u dívek mladšího školního věku?

4 METODIKA PRÁCE

4.1 Výzkumný soubor a jeho charakteristika

Výzkum proběhl v letech 2013, 2014 a 2015 na vybraných základních školách ve vybraných regionech České republiky (Tabulka 23). Tento výzkum zahrnoval 6 až 11 leté dívky mladšího školního věku (n=871), u kterých bylo provedeno antropometrické vyšetření, tedy měření tělesné výšky, hmotnosti, obvodových parametrů a dalších antropometrických parametrů pro výpočet proporcionálního biologického věku. Pro účely této práce jsme využili tělesnou výšku a hmotnost a vybrané parametry tělesného složení. Soubor dívek jsme rozdělili do 6 věkových kategorií.

Tabulka 23. Rozdělení dívek do jednotlivých věkových skupin dle četnosti

Výzkumný soubor dívek ve věkovém rozmezí 6–11 let	
Věk	Četnost
6 let	68
7 let	189
8 let	201
9 let	148
10 let	148
11 let	117

4.2 Průběh vyšetření tělesného složení

Měření probíhalo v dopoledních hodinách na vybraných základních školách ve vybraných regionech České republiky (Tabulka 24). Rodiče předem obdrželi informace o měření tělesného složení v informovaném souhlasu, který všichni zákonní zástupci měřených dětí podepsali. Tento projekt byl schválen Etickou komisí Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci. V rámci celé studie byly dodržovány etické principy Helsinské deklarace z roku 1964. Tato studie byla podpořena prostřednictvím grantu "Hodnocení variability provedení chůze jako ukazatele rizika pádů" z GAČR (R. Č. 15–13980S) a projektu "Hodnocení posturální stability jako základního faktoru pro prevenci pádů" z IGA_FTK_2015_006.

Před vlastním měřením musel být přístroj InBody 720 kalibrován. Měření podstoupili chlapci i dívky mladšího školního věku. Pro účely této diplomové práce byla využita data dívek. Všechny dívky, jež měření podstoupily, byly informovány o stanovených zásadách měření. Dále byly vyzvány k odložení veškerých kovových předmětů, mobilních přístrojů a peněženek. Do přístroje byly zadány identifikační údaje probanda: jméno, datum narození a tělesná výška, která byla zjištěna na místě pomocí anthropometru P-375 s přesností na 0,5 cm. Výstupní data z InBody 720 byla pomocí programu Lookin3 převedena do programu Microsoft Excel 2010. Dále byla zpracována statisticky pomocí počítačového programu STATISTIKA verze 12, kde se k porovnání rozdílů mezi skupinami využil Scheffeho test.

Ze všech naměřených dat jsme vypočítali základní statistické charakteristiky, mezi které patřil výpočet aritmetického průměru (M), minimální hodnoty (min.), maximální hodnoty (max.) a směrodatné odchylky (SD).

Ke sledovaným somatickým parametrům patřily: tělesná výška (cm), tělesná hmotnost (kg), tělesný tuk (%), tukuprostá hmota (kg), body mass index (kg/m^2), celková tělesná voda (l), extracelulární tělesná voda (l), intracelulární tělesná voda (l), kosterní svalová hmota (kg), extracelulární hmota (kg), buněčná hmota (kg), poměr extracelulární hmoty/buněčné hmoty (kg/m^2). Dále byly využity indexy: cell mass index (BCMI), body fat mass index (BFMI) a Fat-free mass index (FFMI). Všechny tyto indexy jsou uvedeny v jednotkách kg/m^2 . Charakteristiky sledovaných parametrů v jednotlivých věkových skupinách se nacházejí v tabulkách v příloze (tabulka 1, 2, 3, 4, 5 a 6).

Tabulka 24. Přehled vybraných základních škol

ZŠ Demlova, Olomouc (Lazce)	2013
ZŠ Petřkova, Olomouc (Černovír)	2014
ZŠ Čajkovského, Olomouc	
ZŠ Heyrovského, Olomouc	
Bílovec	2015
Dubicko	
Šumperk Šumavská	
Šumperk Vrchlického	
Šumperk 8. Května	
Zábřeh	
Přerov	
Štěpánov	
Hálkova	
Lutín	
Jablůnka	
Holečkova	

4.3 Přístrojová technika InBody 720

Antropologický výzkum byl založen na vyšetření tělesného složení pomocí metody multifrekvenční bioelektrické analýzy (BIA). Tuto metodu jsme zvolili pro její nenáročnost na analyzovaný subjekt, jednoduchost na obsluhu a časovou nenáročnost. Zároveň nám poskytla široké spektrum antropologických dat. Metoda BIA umožňuje stanovit přesné zastoupení tělesných frakcí a je považována za dostatečně validní a reliabilní metodu (Biospace, 2008).

BIA spočívá na principu rozdílného šíření vysokofrekvenčního střídavého elektrického proudu o nízké intenzitě kolem 400–800 μA a frekvenci 1–1000 kHz. Různé biologické struktury a jednotlivé složky v těle reagují na tento proud odlišně. Tukuprostá hmota obsahuje vysoký podíl vody a elektrolytů a patří dobrým vodičům. Tuková tkáň se chová jako izolant a klade při průchodu proudu odpor (Pastucha et al., 2014).

Metoda bioelektrické impedance vychází ze stanovení celkové tělesné vody v organismu. Je běžně využívána na odborných světových pracovištích. Pokud jsou dodrženy standardní podmínky měření, poskytuje přesné výsledky

Špičkové přístroje pracují s více-frekvenční analýzou s osmidotykovými elektrodami, jež při měření tělo rozdělí do pěti válců, kterými prochází proud o různém napětí a frekvenci.

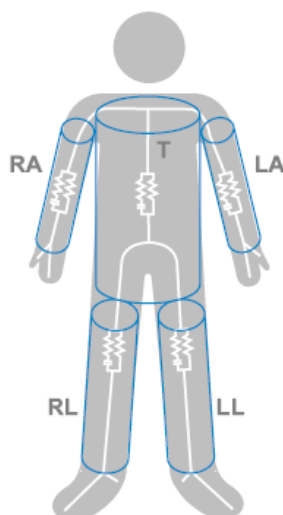
V současnosti mezi nejpoužívanější přístroje patří přístroje TANITA nebo InBody 720, (Pastucha et al., 2014).



Obrázek 24. Přístrojová technika InBody 720 (upraveno dle www.groupon.co.uk)

V rámci našeho šetření bylo tělesné složení diagnostikováno s využitím přístroje InBody 720, který je založen na čtyřkomponentovém modelu pracujícím se střídavým elektrickým proudem (250 mA) o frekvenci (1–1 000 kHz). Tento přístroj využívá pro stanovení impedance osmi dotykových elektrod, jež jsou umístěny dvě na dlani a palci ruky, další dvě na předním segmentu chodidla a na patě. To umožňuje analyzovat tělo do pěti základních segmentů. (pravá a levá horní končetina, trup, pravá levá a dolní končetina) nezávisle na sobě (Biospace, 2008).

Výhodou segmentální analýzy BIA je oddělení trupu od zbylých segmentů, tím dochází k výraznému snížení výskytu potencionálních chyb při měření. Trup má největší šířku a obsahuje řadu metabolicky aktivních tkání, orgánů a dalších elementů, které významně ovlivňují celkovou impedanci.



Obrázek 25. Pět základních segmentů (upraveno dle www.biospace.cz)

InBody 720 pracuje na základě rozdílné vodivosti jednotlivých složek lidského těla. Rozděluje tělo na čtyři základní složky. Mezi tyto složky řadíme tělesný tuk, sušinu a celkovou tělesnou vodu, která se rozděluje na extracelulární tekutinu, měřenou při frekvencích méně než 50 kHz, a intracelulární tekutinu, měřenou při frekvencích větších jak 200 kHz (www.inbody.cz).

Přístroj InBody 720 nám poskytuje tyto údaje:

- Množství intracelulární vody (ICW), extracelulární vody (ECW), kostních a mimokostních minerálů (kg), kosterní svaloviny (SMM), množství proteinů (kg), tukové hmoty (BFM), tukuprosté hmoty v kilogramech (FFM);
- hmotnost, procentuální podíl tělesného tuku;
- zastoupení svalové hmoty v jednotlivých částech těla, procento svaloviny v jednotlivých tělesných segmentech;
- BCM, BMR, BMC, AC, AMC; cílovou hmotnost, kontrolu hmotnosti, svalovou kontrolu, tukovou kontrolu, stav tělesné zdatnosti, stupeň obezity,
- nutriční diagnózu (minerály, proteiny, tuk, edém) (www.inbody.cz).

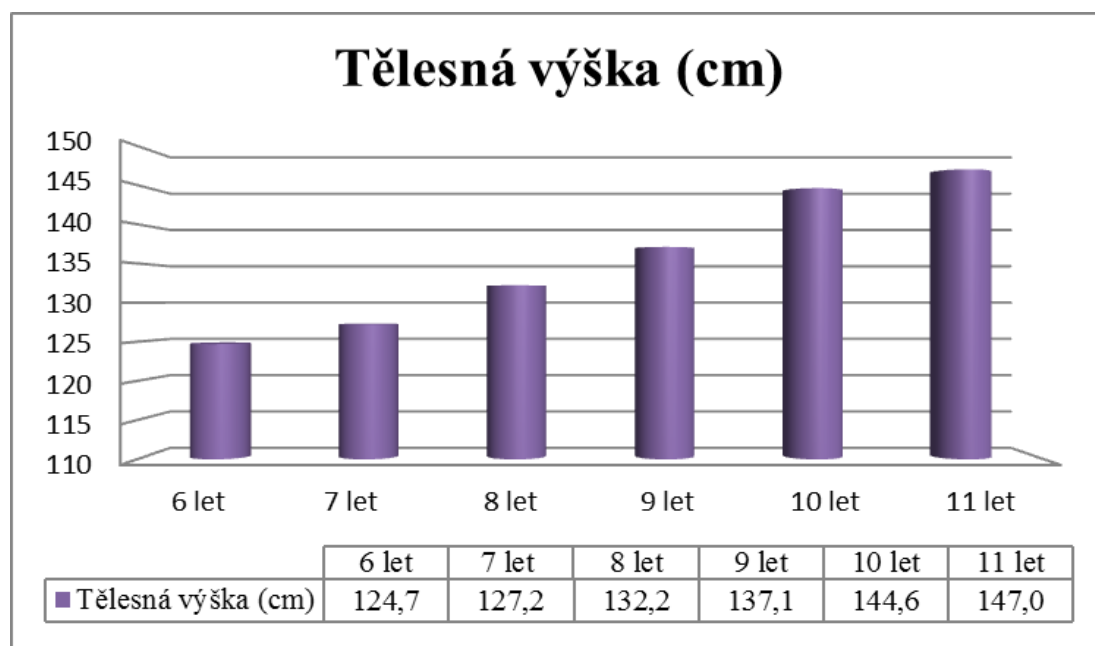
Základní podmínky pro přesné měření tělesného složení (Riegerová et al., 2006):

- necvičit po dobu 12 hodin před testem;
- nekonzumovat jídlo ani pít po dobu 4 až 5 hodin před testem;
- nepožívat alkohol po dobu 24 hodin před absolvováním testu;
- test se doporučuje provádět po použití toalety;
- před testem sundat veškeré šperky a hodinek, vyprázdnit obsah kapes;
- test by měl probíhat běžné pokojové teplotě v rozmezí 20-25 °C;
- u žen může test ovlivnit menstruační cyklus z důvodu zadržování tělesné vody;
- neprovádět test hned po sprchování nebo sauně;
- alespoň 5 minut před absolvováním testu zůstat v klidu stát.

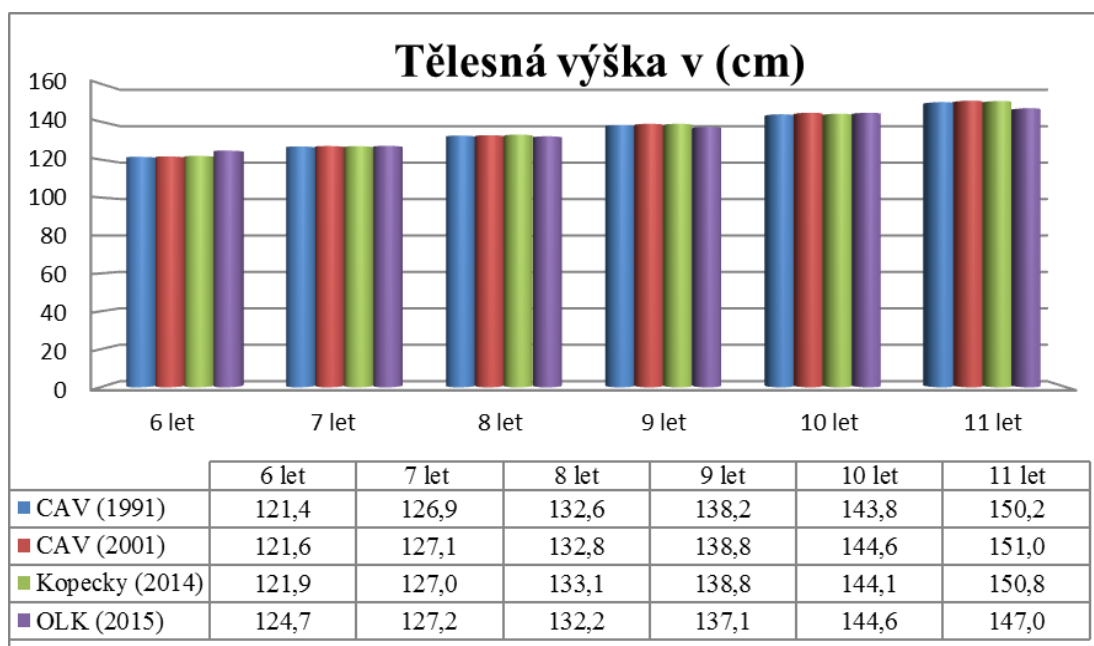
5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Hodnoty průměrné tělesné výšky se pohybovaly od 124,7 cm u 6letých dívek do 147 cm u 11letých. Nejvyšší nárůst tělesné výšky jsme zaznamenali mezi skupinami dívek ve věku 9 let a 10 let. V tomto případě byla 10letá děvčata vyšší o 7,5 cm než 9letá děvčata. Nejnižší rozdíl tělesné výšky byl pouze 2,4 cm mezi skupinami 10letých a 11letých děvčat. Rozdíly mezi těmito věkovými skupinami se jeví jako statisticky signifikantní (tabulka 8 v příloze).

V roce 2001 byl na našem území proveden celostátní antropologický výzkum (CAV2001). V porovnání s jeho výsledky v jednotlivých věkových kategoriích jsme zaznamenali největší rozdíl v tělesné výšce u 6letých dívek. Olomoucká 6letá děvčata byla v průměru vyšší o 3,1 cm. To lze přisoudit tomu, že naše skupina 6letých dívek se průměrným věkem přibližovala dívkám 7letým. Ostatní věkové skupiny kromě 11letých dívek měly průměrnou tělesnou výšku velmi podobnou podle CAV 2001. Hodnoty se lišily v průměru maximálně o 1,7 cm. Naše měřená skupina 11letých dívek byla o 4 cm menší v porovnání s CAV 2001. Tento fakt byl také zaznamenán při porovnání se studií Kopeckého et al. (2014), která proběhla v letech 2012 až 2014 na 12 základních školách Olomouckého kraje, kde rozdíl činil 3,8 cm.

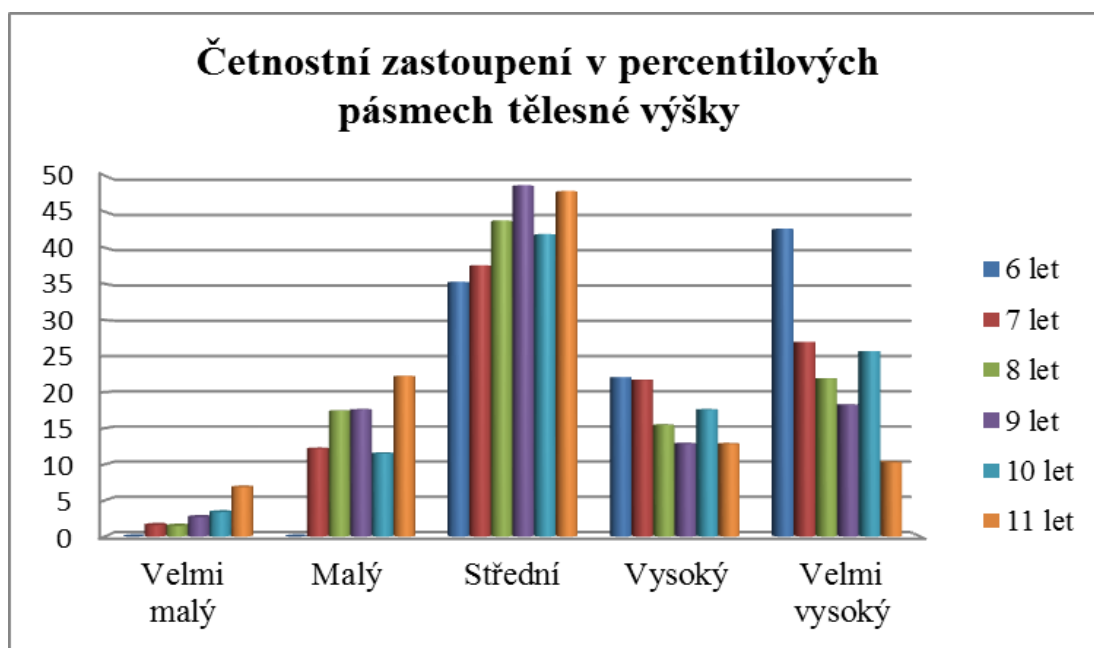


Obrázek 26. Průměrné hodnoty tělesné výšky (cm) u sledovaného souboru dívek (OLK 2015)



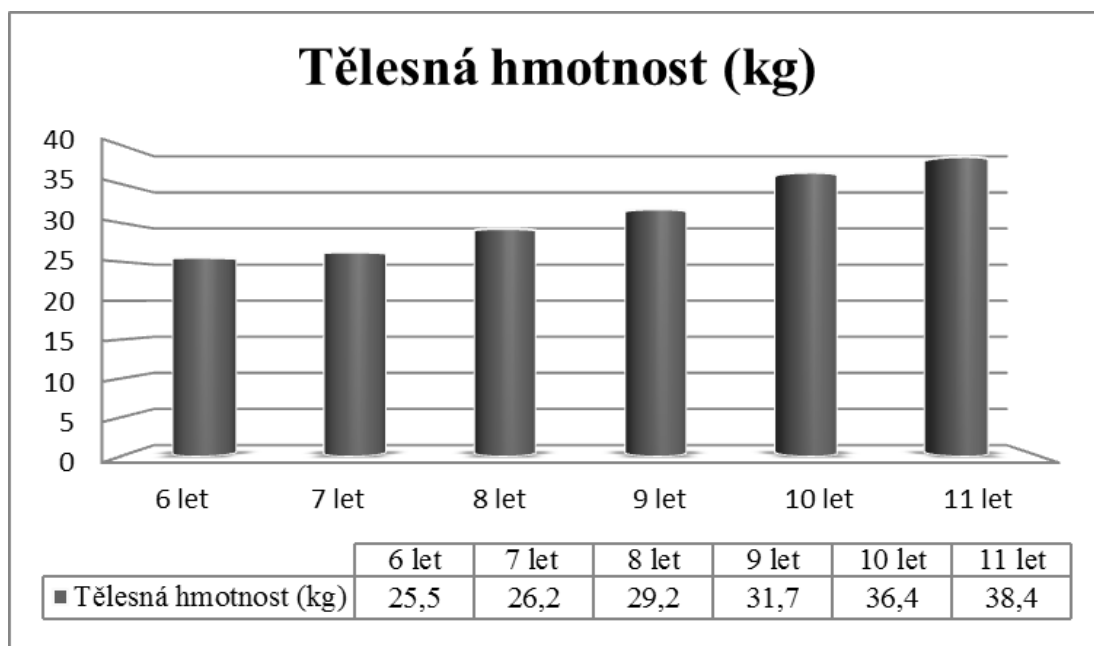
Obrázek 27. Průměrné hodnoty tělesné výšky (cm) v jednotlivých studiích

Meziroční přírůstky v tělesné výšce vykazují u našich dívek signifikantní rozdíly. Doba vrcholu růstové rychlosti podle Kopeckého et al. (2014) je u dívek patrna mezi 11. a 12. rokem, kde byl zaznamenán přírůstek o 7,02 cm, kdy u dívek začíná pubertální akcelerace. Po dosažení vrcholu růstové rychlosti bylo u nich zaznamenáno snížení meziročních přírůstků v tělesné výšce a došlo také k výraznějšímu zpomalení růstového tempa. Tento fakt může vysvětlovat zpomalení růstu i u našich 11letých dívek, kdy největší přírůstek byl zaznamenán v rozmezí 9. a 10. rokem, a mohla by tedy začít pubertální akcelerace.



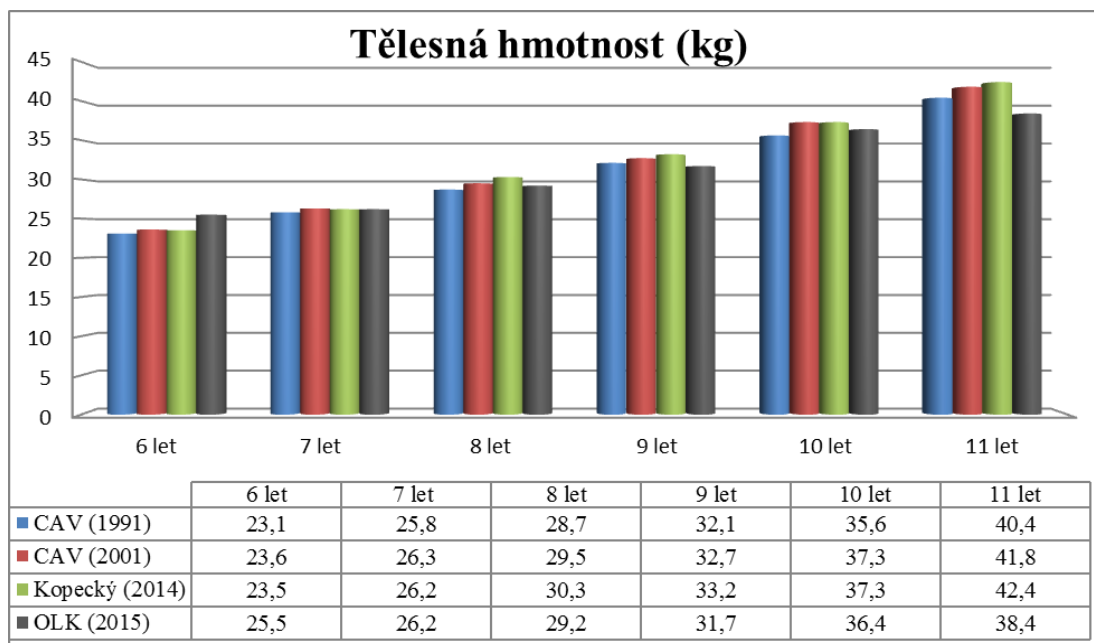
Obrázek 28. Četnostní zastoupení v percentilových pásmech tělesné výšky u sledovaných souborů dívek

Nejpočetněji zastoupena byla kategorie střední tělesné výšky se 43 % zahrnující všechny věkové kategorie dívek, kde skupina 9letých dívek dosáhla 49 %. Za ní následuje kategorie velmi vysoký s 23 %, v rámci které skupina 6letých dívek dosáhla hodnoty 43 %. V kategoriích velmi malý a malý nacházíme nejpočetněji zastoupené 11leté dívky. Celkem 29 % 11letýchdívek se nacházelo pod střední hodnotou, 6,8% bylo hodnoceno jako velmi malé a 22,2 %se nacházelo v percentilovém pásmu malý.



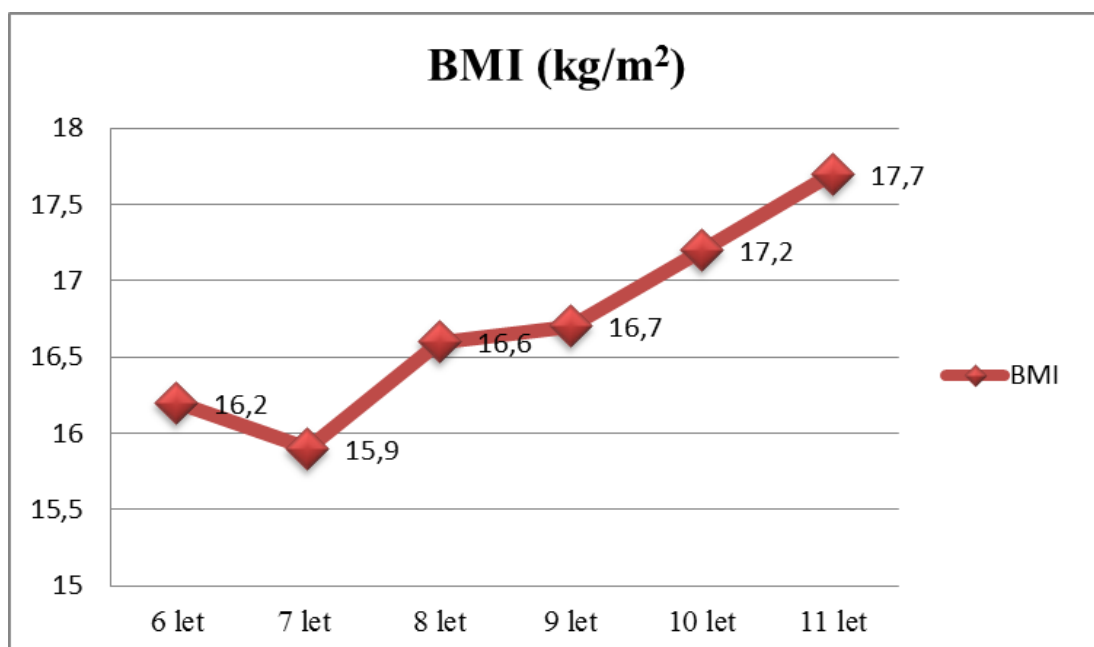
Obrázek 29. Průměrné hodnoty tělesné hmotnosti (kg) u sledovaných souborů dívek

Průměrné hodnoty tělesné hmotnosti s přibývajícím věkem vzrůstaly. U nejmladších 6 letých dívek činila průměrná hodnota 25,5 kg. Nejvyšší hodnotu dosahovaly 11leté dívky, a to 38,4 kg. Nejvyšší rozdíl tělesné hmotnosti byl 4,7 kg mezi 9letými a 10letými dívkami. Rozdíly mezi skupinou 9letých a 10letých se jeví jako signifikantní (tabulka 8 v příloze). Nejmenší rozdíl 0,7 kg byl pozorován mezi 6 a 7letými dívkami.



Obrázek 30. Průměrné hodnoty tělesné hmotnosti (kg) v jednotlivých studiích

U 6letých dívek byla průměrná tělesná hmotnost o 2 kg vyšší oproti dívkám Kopeckého (2014). U skupiny 7letých byla hmotnost takřka srovnatelná. Naše průměrné hodnoty ve věkovém rozmezí 8–11 let byly v porovnání s Kopeckým (2014) podstatně nižší. V porovnání s CAV 2001 byl zaznamenán největší rozdíl hmotnosti u 11letých dívek, kdy naše dívky (OLK 2015) vážily o 3,4 kg méně, což mohlo být způsobeno zpomalením růstu.



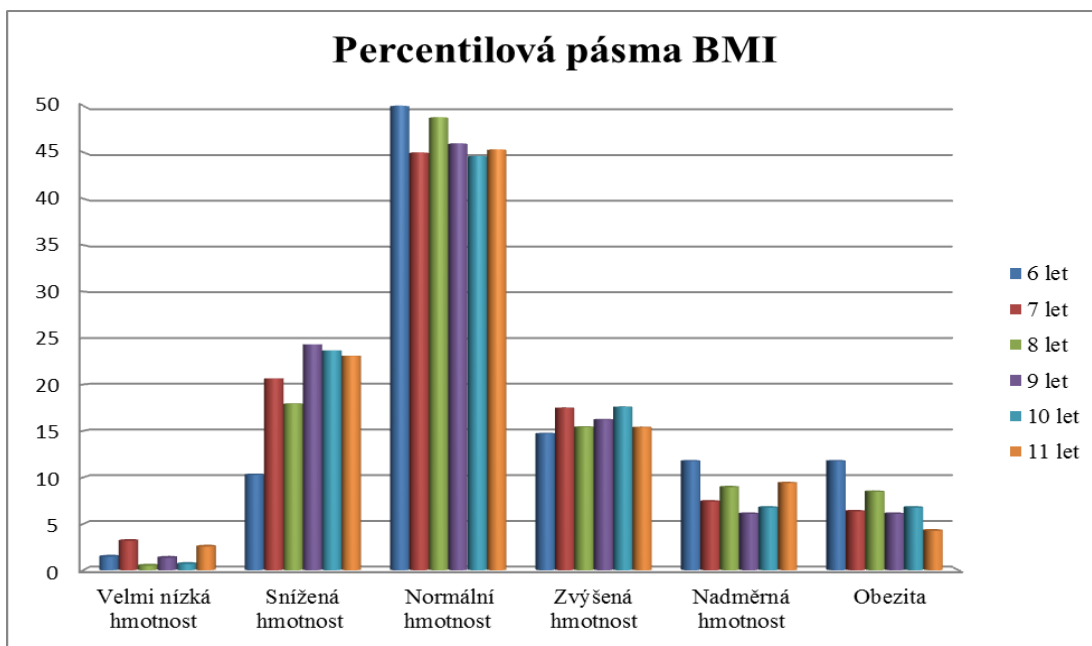
Obrázek 31. Průměrné hodnoty BMI (kg/m²) u sledovaných souborů dívek

Za jeden z významných zdravotních ukazatelů v dnešní době se považuje body mass index (BMI). V rámci našeho výzkumu byly všechny věkové skupiny dívek řazeny podle Bláhy et al. (2006) v rozmezí 25. a 75., a tudíž se nacházely v normě.

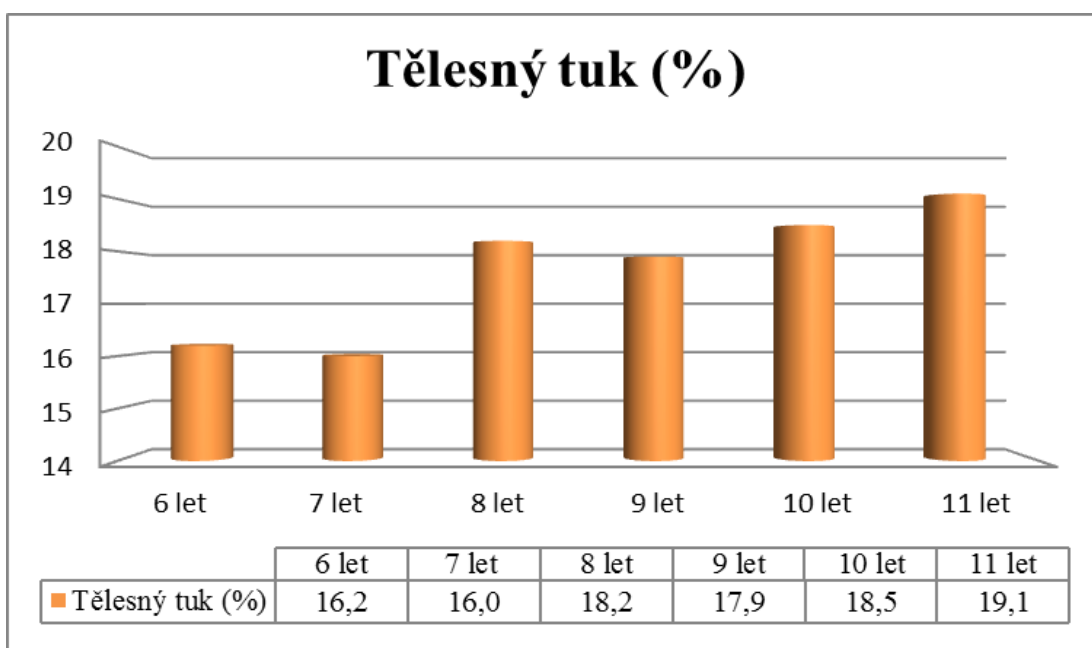
Se zvyšujícím se věkem se průměrné hodnoty BMI pozvolna zvyšovaly z průměrné hodnoty 16,2 kg/m² na 17,7 kg/m². Nejnižší hodnota BMI 15,9 kg/m² byla u dívek ve věku 7 let. Zde byl zaznamenán pokles o 0,3 kg/m² oproti 6letým dívkám. Tento jev může souviset s nástupem AR. AR následuje kontrastně po období a stavu organismu, kdy má dítě nejnižší BMI a následně dochází k vzestupu BMI, což potvrzuje i hodnota BMI u 8letých dívek, u nichž byl zaznamenán vzestup z 15,9 na 16,6 kg/m². Podle Vignerové et al. (2001) jako fyziologický je označován výskyt AR mezi 6.–7. rokem života dítěte. Dále jsme zaznamenali ve věkovém rozmezí 9–11let nárůst BMI o 0,5 kg/m². Rozdíly mezi věkovými skupinami dívek se nejeví jako signifikantní (tabulka 8 v příloze).

Při posouzení tělesné hmotnosti na základě BMI dívky obsazovaly všechny kategorie od velmi nízké hmotnosti až po obezitu. Nejpočetněji zastoupena byla kategorie normální hmotnosti se 46,38 % zahrnující všechny věkové kategorie dívek. Za ní následovala kategorie snížené hmotnosti s 20,67 %. Kategorie zvýšené hmotnosti dosáhla hodnoty 16,3 %, kategorie nadměrné hmotnosti 8,04 %, kategorie obezity 7 %. Nejmenší procentuální zastoupení 1,61 % bylo v kategorii velmi nízké hmotnosti. Pouze polovina souboru se tedy nachází z hlediska kategorizace percentilových pásem BMI v kategorii normální hmotnosti.

V procentuálním zastoupení v oblasti velmi nízké hmotnosti čtenostně dominovala skupina 7letých dívek s 3,17 %. Nejvyšší četnost v kategorii snížené hmotnosti vykazovala skupina 9 letých dívek s 24,32 %. V percentilovém pásmu normální hmotnosti dominovala skupina dívek ve věku 8 let se 48,76 %. V oblasti zvýšené hmotnosti zastupovala nejvyšší průměrnou hodnotu skupina 10letých dívek s 17,57 %. V rámci hodnocení nadměrné hmotnosti a obezity dosáhly největšího procentuálního zastoupení skupina 6letých dívek se 11,76 %. Četnostní a procentuální zastoupení dívek v jednotlivých pásmech BMI jsou zaznamenány v příloze (tabulka 7).



Obrázek 32. Četnostní zastoupení v percentilových pásmech BMI u sledovaných souborů dívek

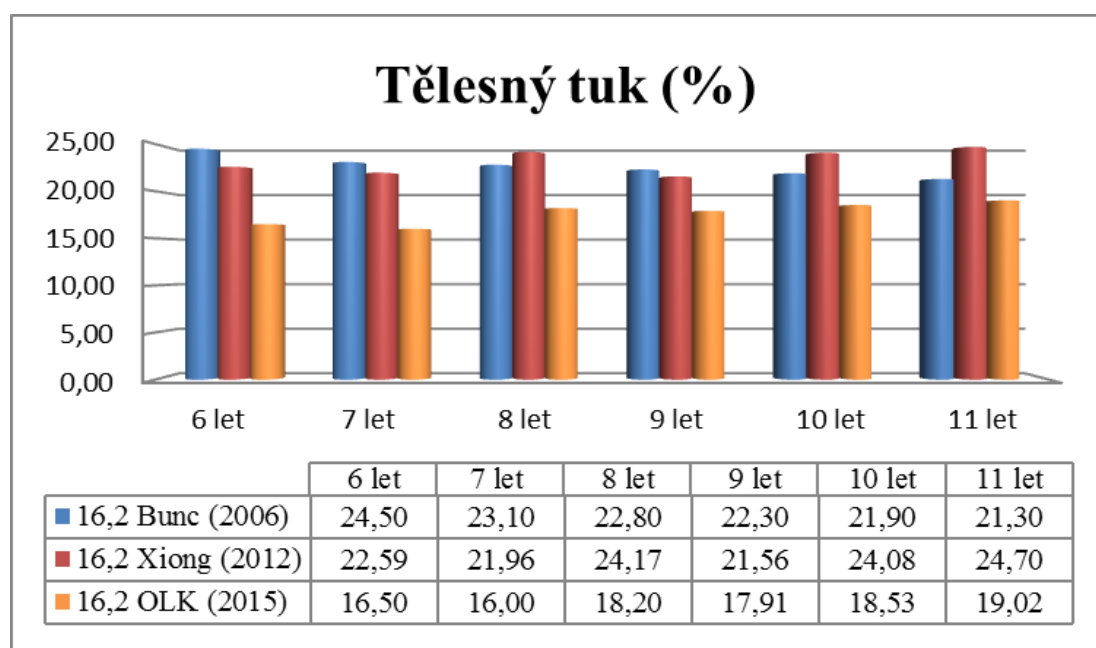


Obrázek 33. Průměrné hodnoty tělesného tuku (%) u sledovaných souborů dívek

Průměrné hodnoty procentuálního zastoupení tělesného tuku byly v jednotlivých věkových kategoriích velmi variabilní. Nejnižší hodnoty jsme zaznamenali u skupiny 7letých dívek. Zde průměrná hodnota tělesného tuku činila 16,5 % a byla nižší o 0,15 % než u 6letých dívek. U 8letých dívek opět došlo k nárůstu na 18 %. Toto snížení může vysvětlovat již zmíněný nástup AR. Mezi 3. až 5. rokem života se hodnota tukové tkáně nachází na stabilní úrovni. Podle Dietz et al. (2000) je dosaženo maximální úrovně tukové tkáně kolem 6. roku života, kdy dochází ke skokovému zvýšení (AR) podílu tukové složky. U našich probandek je

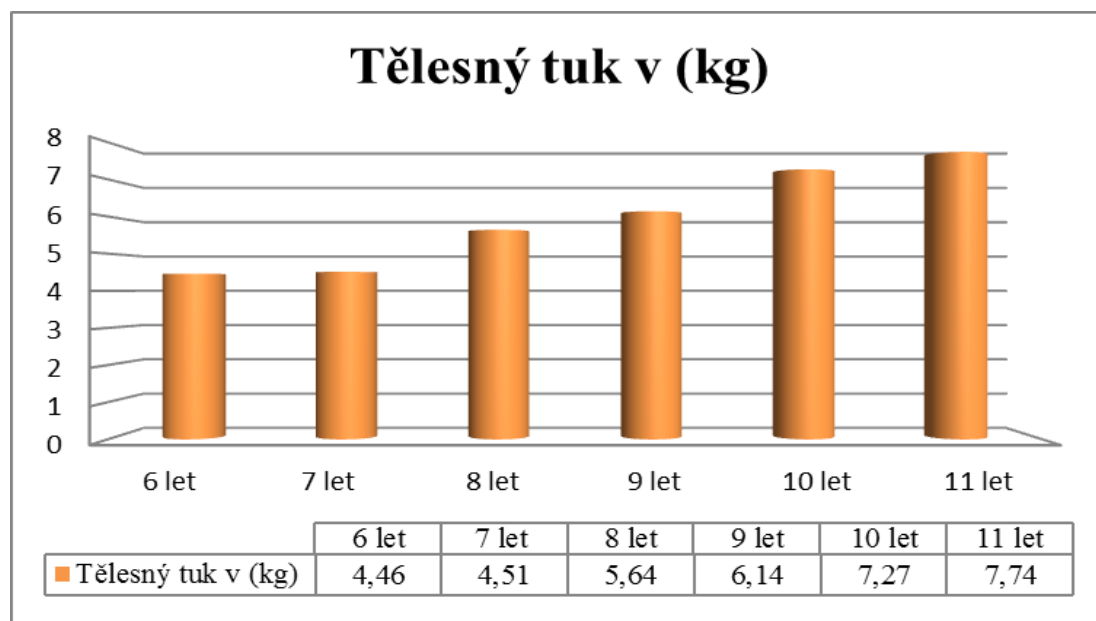
zřetelný tento skok v 7 letech. Podle Hainera et al. (2004) je další vývoj % BFM po AR charakteristický spojitým nárůstem tukové složky až do 11. roku života, což je zjevné i u našich dívek. U 9 letých dívek došlo k odchýlení od nárůstu % BFM, což mohl způsobit fakt, že v tomto období došlo u dívek k největšímu nárůstu tělesné výšky a zároveň k mírnějšímu nárůstu hmotnosti. Rozdíly mezi věkovými skupinami se nejeví jako signifikantní (tabulka 8 v příloze).

GMON uvádí optimální procentuální hodnoty tělesného tuku u dívek mladšího školního věku v rozmezí 15–28 %. Podle InBody 720 je doporučenou hodnotou procentuálního zastoupení tukové komponenty u dívek 23 %. Všechny naše skupiny disponovaly procentuálně průměrnými hodnotami tělesného tuku, které spadaly do rozmezí optimálních hodnot. Podle Bunce (2006) je hodnocena podváha u dívek <16,0 % BFM, standardní rozmezí 16,1–23,0 % BFM, nadváha nad 23% BFM. Průměrné hodnoty % BFM u všech skupin dívek dosahovaly hodnot optimálních. Při porovnání studie Bunce (2006), kdy děvčata dosahovala průměrné hodnoty tělesného tuku $\pm 22,65$ % BFM, a studie Xiong (2012) s průměrnou hodnotou $\pm 23,17$ měl náš soubor dívek (OLK 2015) s průměrnou hodnotou $\pm 17,69$ % BFM nižší zastoupení. Ale je nutno podotknout, že se stoupajícím věkem procento tělesného tuku u našich dívek mělo tendenci narůstat oproti studii Bunce (2006), kde se u dívek s postupem věku procento tělesného tuku snižovalo.

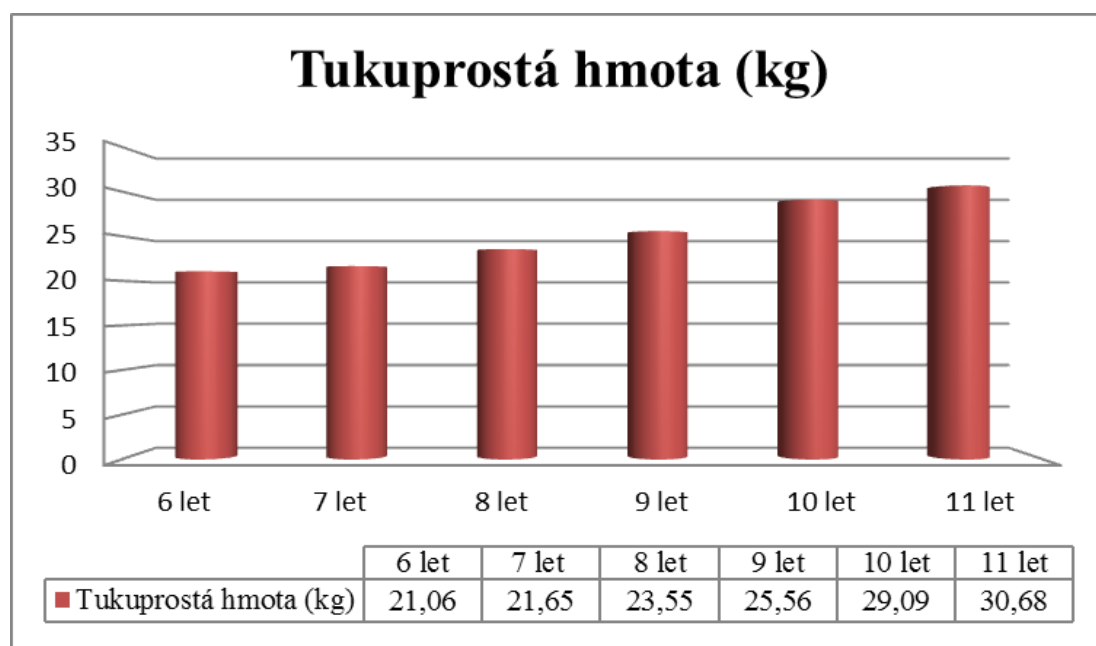


Obrázek 34. Průměrné hodnoty tělesného tuku (%) v jednotlivých studiích

Průměrné hodnoty tělesného tuku (kg) se pohybovaly od 4,46 kg u skupiny 6letých dívek do 7,74 kg tělesného tuku u 11letých dívek. Z předchozího grafu je zřejmé, že se průměrné hodnoty tělesného tuku nacházely u všech skupin v normě. Nejmenší přírůstek (kg) tělesného tuku byl zaznamenán mezi 6letými a 7letými dívkami, kde hodnota přírůstku činila 0,05 kg. Naopak největší přírůstek tělesného tuku (kg) byl zaznamenán mezi 7 až 8letými a 9 až 10letými dívkami, kde změna u obou skupin činila 1,13 kg. Rozdíly mezi skupinami se ze statistického hlediska nedají považovat za signifikantní (tabulka 8 v příloze).



Obrázek 35. Průměrné hodnoty tělesného tuku (kg) u sledovaných souborů dívek

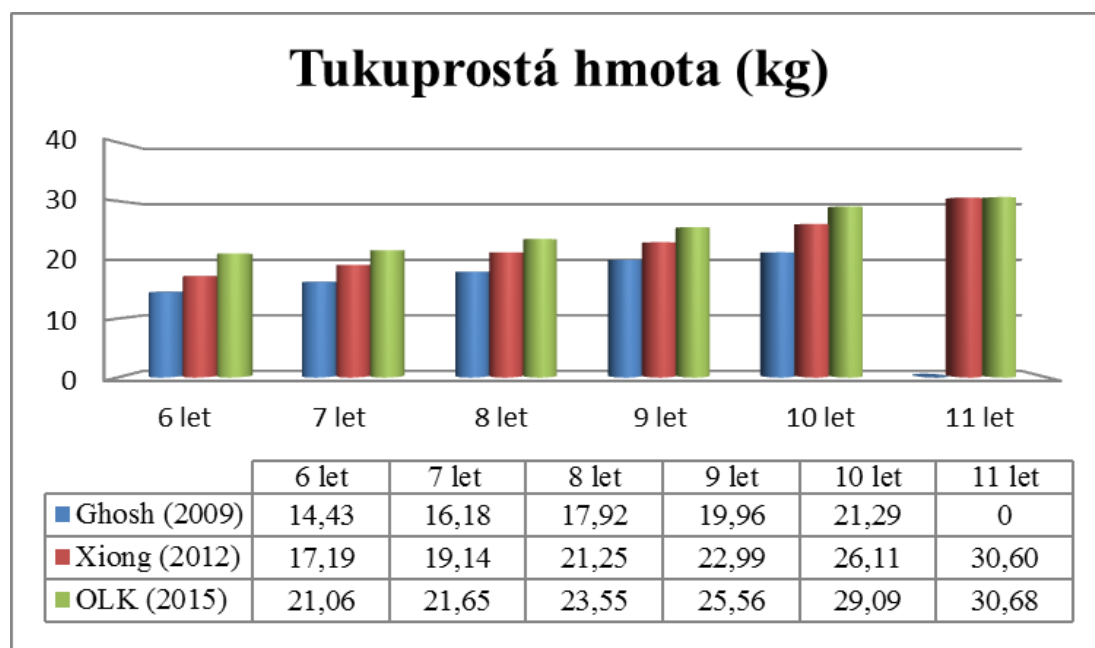


Obrázek 36. Průměrné hodnoty tukuprosté hmoty (kg) u sledovaných souborů dívek

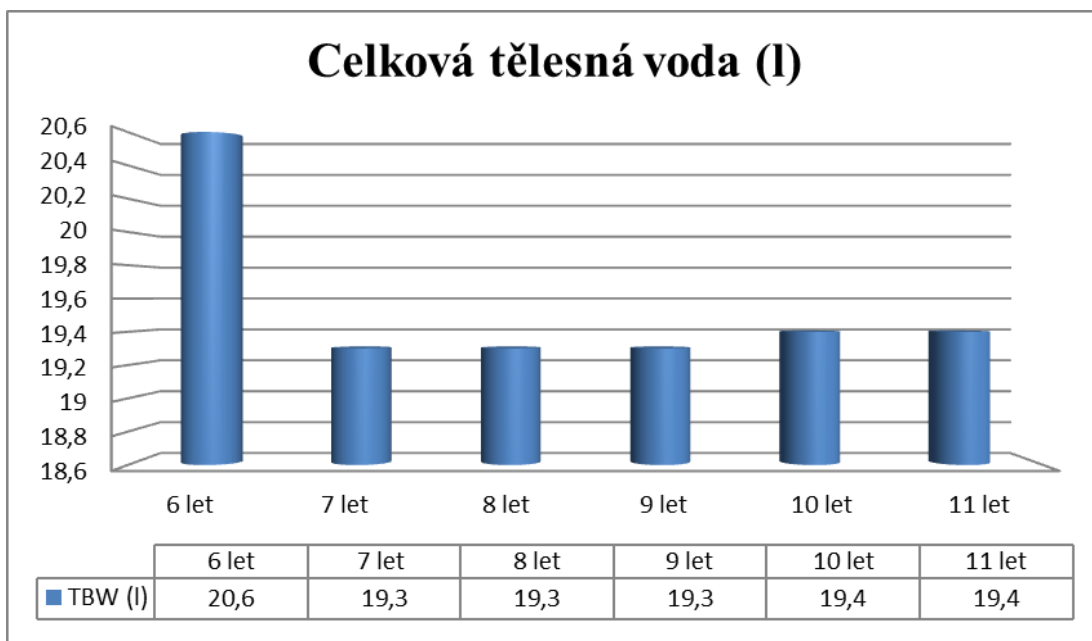
U našich dívek jsme zaznamenali postupný nárůst FFM se stoupajícím věkem. Zastoupení tukuprosté hmoty narostlo z 21,06 kg u 6letých dívek na 30,68 kg u 11letých dívek, tzn. o cca 9 kg. Rozdíly v zastoupení tukuprosté hmoty mezi jednotlivými věkovými kategoriemi se pohybovaly od 0,59 kg do 3,53 kg a nejeví jako signifikantní. Nejvýraznější nárůst tukuprosté hmoty jsme zaznamenali mezi skupinou 9letých a 10letých dívek. Zde rozdíl činil 3,53 kg. Nejnižší nárůst tukuprosté hmoty byl mezi 6letými a 7letými dívkami a to s hodnotou 0,59 kg.

Dörhöfer a Pirlich (2005) uvádí v kompendiu BIA normálové hodnoty tukuprosté hmoty u děvčat ve věku 3–10 let v rozmezí 13,3 kg–25,8 kg a 27,5 kg–45 kg u věkového rozmezí 11–17 let. V porovnání s těmito doporučenými hodnotami můžeme konstatovat, že všechny námi naměřeny skupiny děvčat spadaly do kategorie normálových hodnot.

Při porovnání našich naměřených hodnot (OLK 2015) se studii Xionga (2012) a Ghoshe (2009) můžeme konstatovat, že naše dívky disponují větším množstvím svalové hmoty. Největší rozdíl ve studii Xionga (2012) byl zaznamenán mezi 6letými dívkami, kde naše dívky měly o 3,87kg více tukuprosté hmoty. Průměrné rozdíly mezi 7letými, 8letými, 9letými a 10letými dívkami se pohybovaly v rozmezí 2,5 kg.



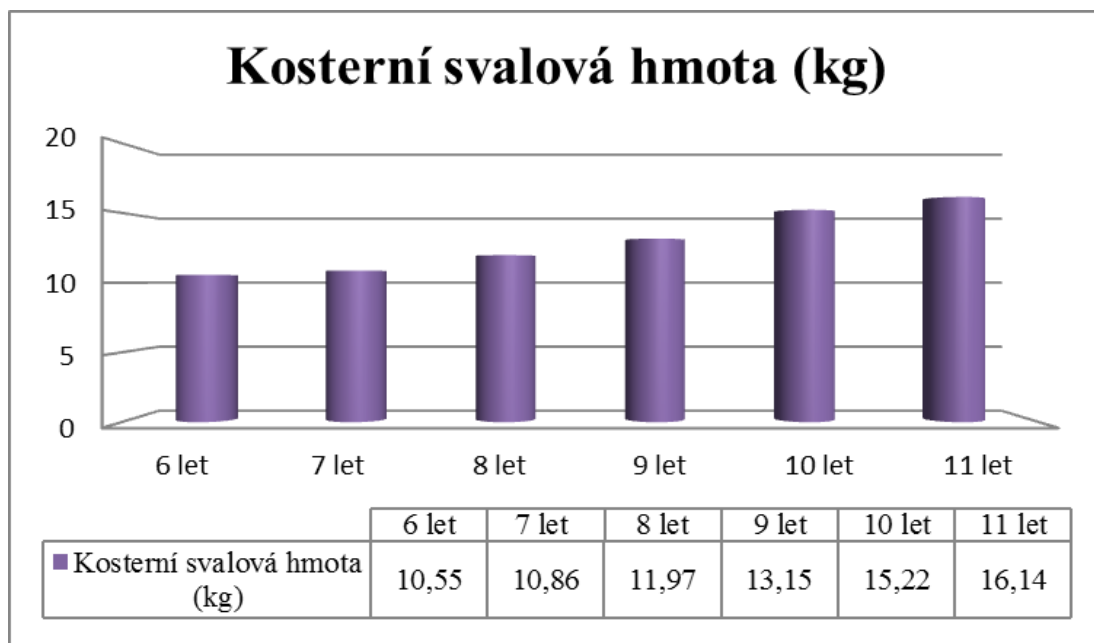
Obrázek 37. Průměrné hodnoty tukuprosté hmoty (kg) v jednotlivých studiích



Obrázek 38. Průměrné hodnoty celkové tělesné vody (l) u sledovaných souborů dívek

Průměrné hodnoty celkové tělesné vody se u našich dívek pohybovaly v rozmezí od 19,3 l do 20,6 l. Nejvyšší hodnoty celkové tělesné vody jsme zaznamenali u 6letých dívek s 20,6 l a nejnižší u skupiny 7letých dívek, kde průměrná hodnota celkové tělesné vody činila 19,3 l a byla nižší o 1,3 l než u 6letých dívek. Toto snížení mohou způsobovat metabolické změny doprovázející nástup AR. Dále se hodnoty v rámci jednotlivých věkových skupin postupně zvyšovaly.

Bunc (2006) uvádí ve svém výzkumu doporučené hodnoty celkové tělesné vody $22,1 \pm 3,6$ l u dívek ve věku $10,1 \pm 2,9$. Naše dívky ve všech věkových kategoriích se pohybovaly v uvedených doporučených hodnotách.

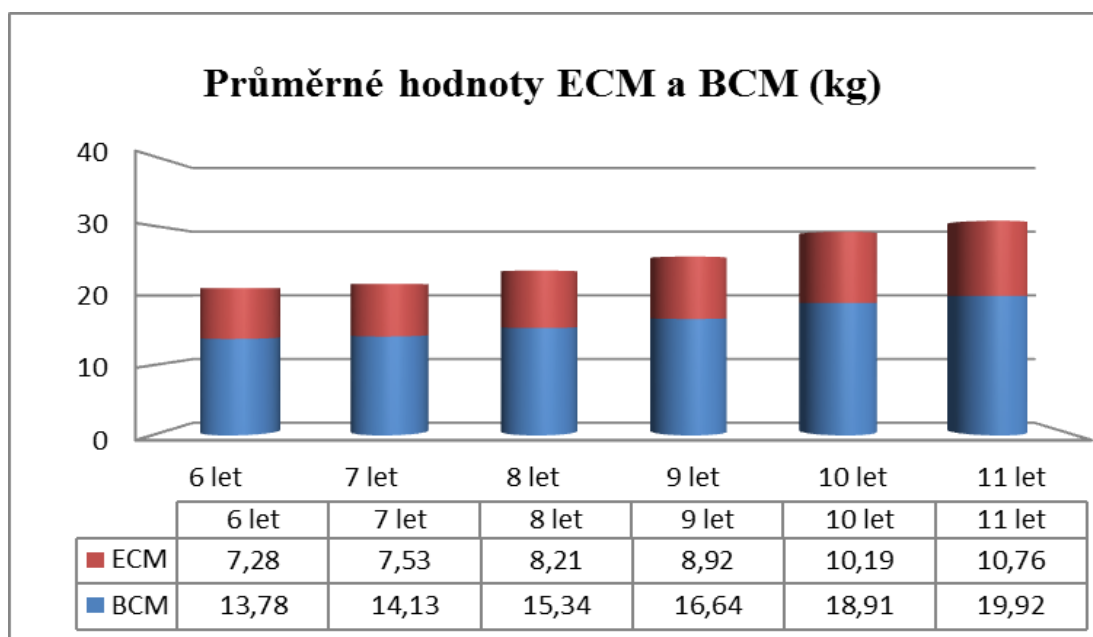


Obrázek 39. Průměrné hodnoty kosterní svalové hmoty (kg) u sledovaných souborů dívek

Kosterní svalovina v průběhu let postupně narůstala. Průměrné hodnoty se pohybovaly v rozmezí 10,55 kg u 6letých dívek až 16,14 kg u 11letých dívek. Nejnižší nárůst o 0,31 kg kosterní svaloviny byl mezi 6letými a 7letými dívkami a nejevil se jako signifikantní. Signifikantní nárůsty kosterní svaloviny jsme zaznamenali mezi skupinami 7letých až 8letých děvčat, s průměrným přírůstkem o 1,11 kg. Podobný byl nárůst mezi 8 a 9letými děvčaty (1,18 kg). Největší průměrný přírůstek 2,07 kg se nacházel mezi 9letými a 10letými děvčaty.

V tomto období docházelo také k celkovému zvýšenému nárůstu tělesné výšky, tělesné hmotnosti i tělesného tuku, a můžete tedy konstatovat, že u dívek v tomto věkovém období docházelo k velmi výraznému celkovému tělesnému vývoji.

Při porovnání našich výsledků se studií McCarthyho et al. (2013) lze konstatovat, že naše dívky disponovaly vyššími průměrnými hodnotami kosterní svaloviny. Podle McCarthyho et al. (2013) dívky v rozmezí 5–7 let dosahovaly hodnot 6,1 ($\pm 1,4$) kg. U naší skupiny 6letých a 7letých byly průměrné hodnoty 10,55 kg a 10,86 kg. Podle McCarthyho et al. (2013) u dívek ve věkovém rozmezí 8-9 let je to 9,1 ($\pm 1,4$) kg. U našich 8letých dívek tyto hodnoty činily v průměru 11,97 kg a u 9letých dívek 13,15 kg.

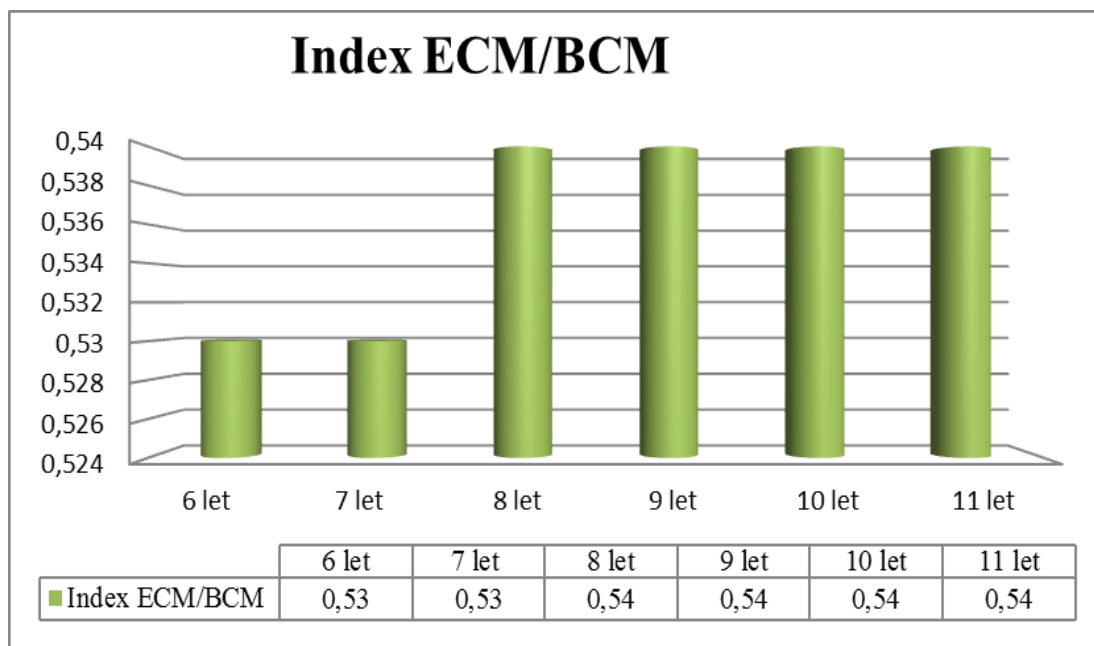


Obrázek 40. Průměrné hodnoty ECM a BCM (kg) u sledovaných souborů dívek

Průměrné hodnoty extracelulární hmoty (ECM) 7,28 kg se nacházely u 6letých dívek. Nárůst u nejstarší věkové kategorie 11letých byl o 3,48 kg, na průměrnou hodnotu 10,76 kg. S narůstajícím věkem hodnota ECM postupně vzrůstala. Největší nárůst o 1,27 kg jsme zaznamenali opět mezi 9letými a 10letými dívkami. Téměř shodnou průměrnou hodnotu jsme našli u nejmladších věkových kategorií 6 a 7letých. Rozdíly mezi věkovými skupinami se nejeví jako signifikantní.

Také buněčná hmota (BCM) u jednotlivých skupin postupně narůstala. Zde se průměrné hodnoty pohybovaly od 13,78 kg u 6letých dívek až do 19,92 kg u 11letých. Nejmenší rozdíl BCM jsme zaznamenali mezi skupinami nejmladších, a to 0,35 kg. Nejvyšší rozdíl průměrných hodnot BCM jsme našli mezi 9letými a 10letými dívkami, rozdíl činil 2,27 kg BCM.

Bunc (2006) uvádí ve svém výzkumu doporučené hodnoty BCM $14,6 \pm 3,6$ kg u dívek ve věku $10,1 \pm 2,9$. V porovnání s našimi děvčaty tyto hodnoty přesahují skupiny 10letých dívek o 0,71kg a 11letých dívek o 1,72 kg.

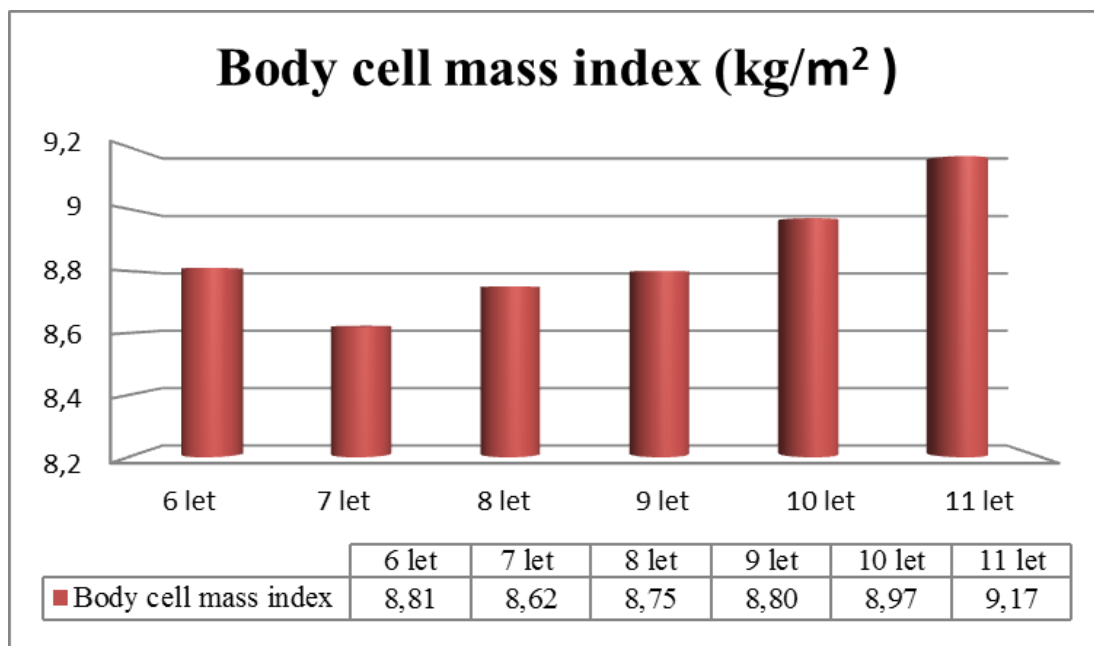


Obrázek 41. Průměrné hodnoty indexu ECM/BCM u sledovaných souborů dívek

Podle Pastuchy et al. (2014) index ECM/BCM vyjadřuje důležitý parametr pro hodnocení stavu výživy jedince. Optimální stav odpovídá indexu 0,7–0,8. Čím je index nižší, tím větším množstvím tukuprosté hmoty by měl jedinec disponovat. Poměr ECM/BCM lze využít jako kritérium hodnocení předpokladu k pohybovému výkonu. U dívek jsou průměrné hodnoty definovány v následujícím rozmezí $0,96 \pm 0,14$.

U našich skupin dívek jsme zaznamenali velice nízké průměrné hodnoty indexu ECM/BCM, které byly téměř shodné. Průměrné hodnoty dosahovaly 0,53 u 6letých a 7letých a od 9 let jsme zaznamenali shodnou průměrnou hodnotu 0,54 (Obrázek 41). Velmi nízké hodnoty indexu ECM/BCM poukazují na větší množství tukuprosté hmoty a tím i lepší predispozici dívek k pohybovému výkonu.

Podle Dörhöfera a Pirlicha (2005) se průměrné hodnoty indexu ECM/BCM u dětí a mládeže (3–17let) pohybují okolo 0,96. Naše skupiny dívek se pohybovaly výrazně v nižších hodnotách. Tento fakt potvrzuje i porovnání se studií Bunce (2006), kde se průměrné se hodnoty u dívek pohybovaly $0,87 \pm 0,10$.



Obrázek 42. Průměrné hodnoty BCMI (kg/m²) u sledovaných souborů dívek

Body cell mass index vypovídá o tělesné zdatnosti jedince z pohledu optimálního nebo neoptimálního zastoupení jednotlivých tělesných komponent. Talluri et al. (2003) na základě své studie udává hodnoty indexu metabolicky aktivních buněk v rozmezí $8,24 \pm 1,81 \text{ kg/m}^2$, které odpovídá zdravotním doporučením pro dívky. Zvýšené hodnoty BCMI můžeme naměřit např. u atletů.

Průměrné hodnoty BCMI se u našich dívek pohybovaly v rozmezí od $8,62 \text{ kg/m}^2$ do $9,17 \text{ kg/m}^2$ a odpovídají normě zdravých jedinců. Nejvyšší průměrné hodnoty BCMI jsme zaznamenali u 11letých dívek s $9,17 \text{ kg/m}^2$ a nejnižší u skupiny 7letých dívek, kde průměrná hodnota BCMI činila $8,62 \text{ kg/m}^2$ a byla nižší o $0,19 \text{ kg/m}^2$ než u 6letých dívek.

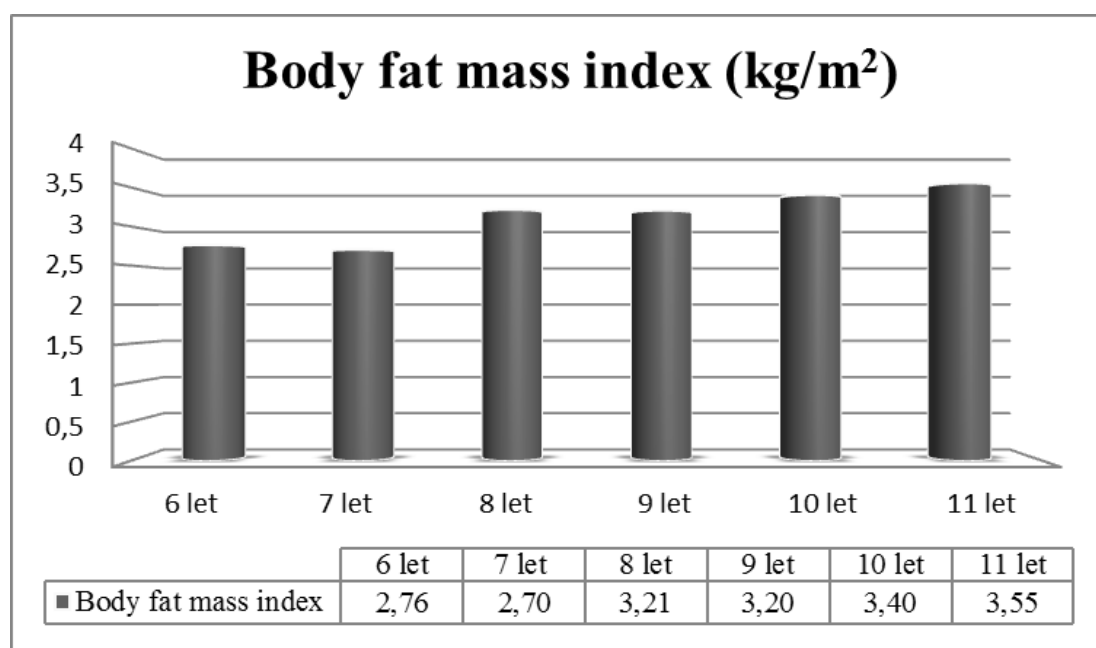
Rozdíly v průměrných hodnotách mezi věkovými skupinami byly minimální a nejevily se jako signifikantní. Nejvyšší rozdíl BCMI $0,2 \text{ kg/m}^2$ jsme zaznamenali mezi skupinami 10letých a 11letých dívek. Nejnižší rozdíl, $0,05 \text{ kg/m}^2$ byl mezi skupinami 8letých a 9letých dívek.

Pro objektivnější posouzení relativního rizika zdravotních problémů je využíván Body Fat Mass Index (BFMI). Vyšší hodnoty BFMI (kg/m^2) signalizují vyšší riziko zdravotních obtíží a je možno ho označit jako index rizikovosti tělesného složení pro obezitu (Pichard et al., 2002).

Pastucha et al. (2014) uvádí pro zdravotně bezpečné pásmo BFMI hodnoty v rozmezí $3,9\text{-}8,1 \text{ kg/m}^2$. Vysoké riziko zdravotních problémů signalizuje hodnota vyšší jak $11,8 \text{ kg/m}^2$.

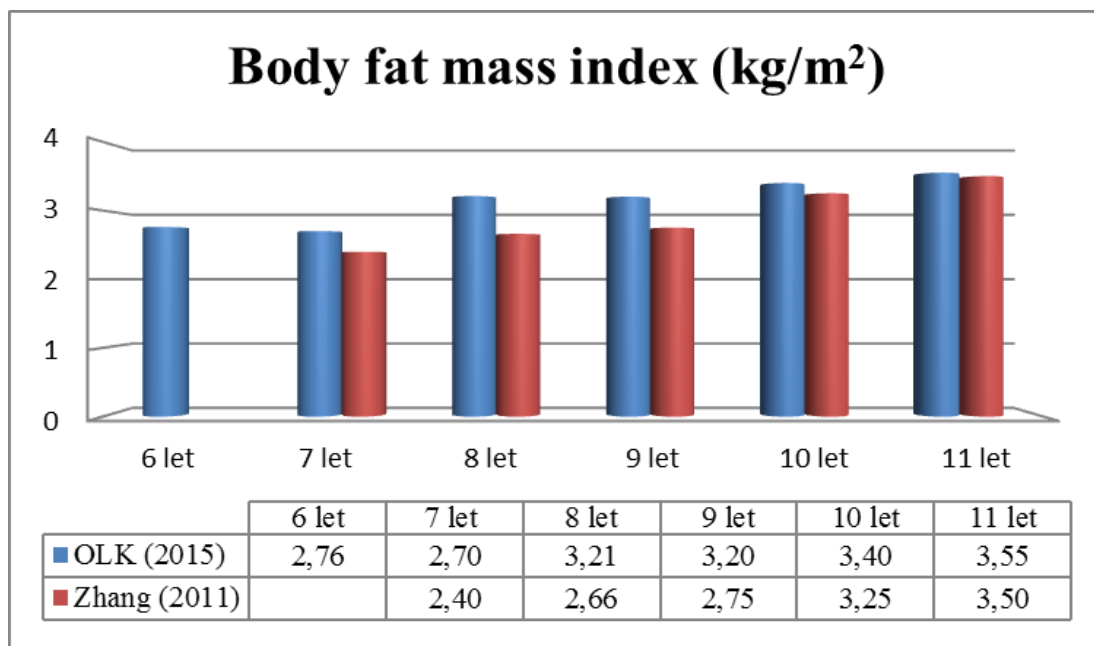
Beyerlein (2011) podle své studie britských dětí uvádí optimální hodnotu u 9letých ($\pm 1,5$) $4,3 \text{ kg/m}^2$ ($\pm 2,4 \text{ kg/m}^2$).

Průměrné hodnoty BFMI se zvyšovaly s věkem. Nejvyšší průměrné hodnoty BFMI dosahovaly 11leté dívky s $3,55 \text{ kg/m}^2$ a nejnižší skupina 7letých dívek, kde průměrná hodnota BFMI činila $2,70 \text{ kg/m}^2$. U 6letých a 7letých dívek jsme zaznamenali přibližně stejnou průměrnou hodnotu $2,7 \text{ kg/m}^2$. U 8letých až 11letých se průměrné hodnoty indexu pohybovaly od $2,7 \text{ kg/m}^2$ do $3,55 \text{ kg/m}^2$. Rozdíly mezi věkovými skupinami se nejevily jako signifikantní a hodnoty BFMI se nacházely v optimálním pásmu bez zdravotních rizik.



Obrázek 43. Průměrné hodnoty BFMI (kg/m^2) u sledovaných souborů dívek

Při porovnání našich hodnot BFMI se studií Zhang (2011), které se zúčastnilo 2161 dívek ve věku od 7 do 12 let, můžeme konstatovat, že naše dívky (OLK 2015) disponovaly vyššími průměrnými hodnotami BFMI. Největší rozdíl jsme zaznamenali mezi 8letými dívkami, kde rozdíl činil $0,55 \text{ kg/m}^2$ a mohl být způsoben aktivním růstem našich dívek v tomto období. U 11letých dívek hodnoty indexu byly takřka srovnatelné.

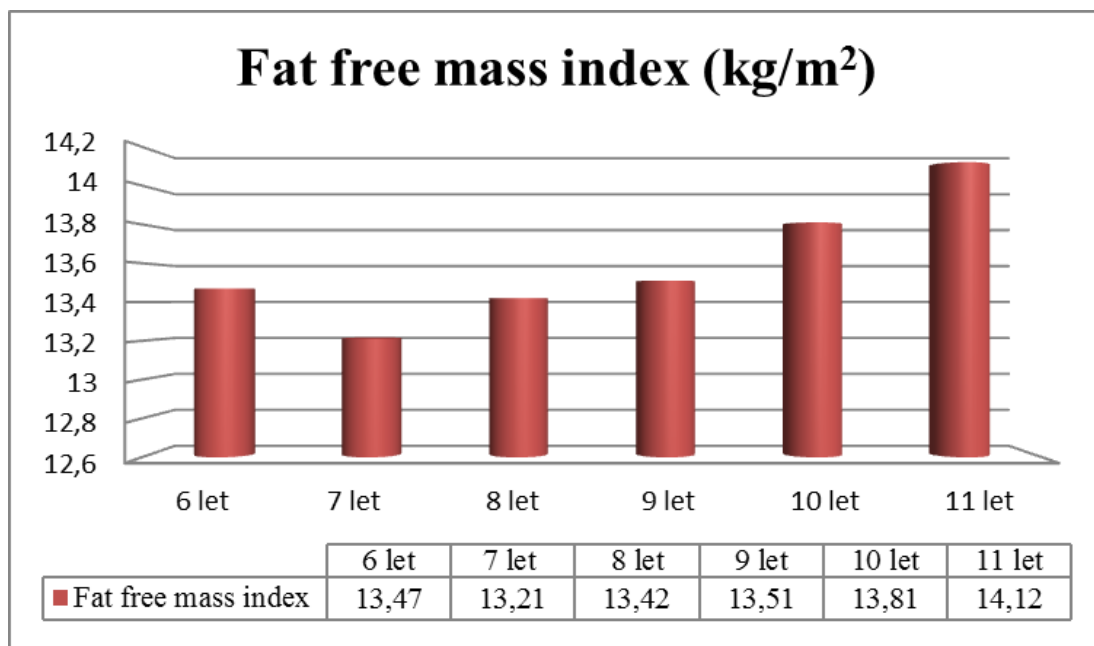


Obrázek 44. Průměrné hodnoty BFMI (kg/m²) v jednotlivých studiích

K tukuprosté hmotě se vztahuje Fat-free Mass Index (FFMI). Tento index lépe vyjadřuje nižší nebo vyšší zastoupení svalové hmoty. Pastucha et al. (2014) uvádí pro ženy optimální rozmezí FFMI v hodnotách 14,6–16,7 kg/m². Beyerlein (2011) podle své studie britských dětí uvádí optimální hodnotu u 9 letých ($\pm 1,5$) let 12,6 kg/m² ($\pm 1,0$ kg/m²).

S narůstajícím věkem se průměrné hodnoty FFMI u všech skupin dívek postupně zvyšovaly. Nejnižší hodnota 13,21 kg/m² byla zaznamenána u 7letých dívek, přičemž u 6letých dívek hodnota byla o 0,26 kg/m² vyšší. Snížení FFMI mohlo být ovlivněno ontogenetickým vývojem a nástupem AR. Nejvyšší průměrné hodnoty FFMI dosahovaly 11leté dívky s 14,12 kg/m². Největší rozdíl 0,3 kg/m² jsme zaznamenali v průměrných hodnotách mezi skupinami 9letých a 10letých a také mezi 10letými a 11letými dívkami.

Při porovnání našich hodnot FFMI se studií Zhanga (2011) můžeme konstatovat, že průměrné hodnoty FFMI u našich dívek byly o něco vyšší a disponovaly vyšším zastoupením svalové hmoty.



Obrázek 45. Průměrné hodnoty FFMI (kg/m²) u sledovaných souborů dívek

Transverzální antropologické výzkumy tělesného růstu, hmotnosti a dalších somatických parametrů u dětské a adolescentní populace jsou nezastupitelné pro tvorbu antropologických norem, podávají informace o somatickém, zdravotním a výživovém stavu populace, umožňují sledovat a porovnat různé skupiny populace, odráží vliv environmentálních faktorů na vývoj jedince a v neposlední řadě jsou jejich výsledky prakticky využívány v průmyslu, v lékařství a ergonomii.

Česká republika byla jednou z mála zemí s dlouholetou tradicí v celostátním sledování somatického stavu dětí a mládeže od narození do 18 let. Jeden z prvních našich antropologických výzkumů z roku 1895 organizovaný Jindřichem Matiegkou nám umožnil položit základ našim růstovým studiím. Celostátní antropologické výzkumy se u nás konaly od roku 1951 v pravidelných desetiletých intervalech až do roku 2001. Dlouhodobá tradice antropologických výzkumů byla přerušena v roce 2011, kdy 7. Celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže nebyl realizován.

Absence tohoto celostátního antropologického výzkumu je do určité míry kompenzována transverzálními univerzitními výzkumy na úrovni regionů, které monitorují současný somatický růst a vývoj dětí a mládeže v různých oblastech České republiky.

Tento fakt se také odráží v diplomové práci při posuzování zdravotních ukazatelů a somatických parametrů. Při hodnocení a porovnávání somatických parametrů tak mohlo dojít k vyvození ne zcela přesných informací. Ve své práci srovnávám probandy s celostátními daty CAV 2001 a zároveň je porovnávám i s aktuálnějšími českými i zahraničními univerzitními studii Bunce (2006), Kopeckého (2014), Beyerleina (2011), Zhanga (2011), Xionga (2012), McCarthyho (2013) atd.

Při hodnocení tělesné hmotnosti, tělesné výšky a BMI probandů byla využita hmotnostní a výšková percentilová pásma státního zdravotního ústavu (www.szu.cz) s referenčními daty CAV 2001.

V celosvětovém měřítku naše vyhodnocená BMI data v percentilových pásmech nadváhy a obezity nelze porovnávat z důvodu rozdílných kritérií hodnocení percentilových pásem. Např. studie Blühera (2011) v Německu využívá pro hodnocení obezity percentilová pásma podle národní asociace pro obezitu AGA a World Obesity, Policy and Prevention (IOTF). V USA národní výzkum využívá pro hodnocení nadváhy a obezity kritéria 2000 CDC. Celostátní výzkum v Kanadě pod vedením Robertse (2012) je posuzuje podle kritérií WHO a IOTF.

6 ZÁVĚR

Nejvyšší nárůst tělesné výšky jsme zaznamenali mezi skupinami dívek ve věku 9let a 10let. V tomto případě byla 10letá děvčata vyšší o 7,5 cm než 9letá děvčata. V porovnání CAV (2001) byla měřená skupina 6letých dívek (OLK 2015) o 3,1 cm v průměru vyšší. To lze přisoudit tomu, že naše skupina 6letých dívek se průměrným věkem přibližovala dívkám 7letým. Po dosažení vrcholu růstové rychlosti bylo u dívek zaznamenáno snížení meziročních přírůstků v tělesné výšce a došlo také k výraznějšímu zpomalení růstového tempa.

Nejvyšší rozdíl tělesné hmotnosti byl 4,7 kg mezi 9letými a 10letými dívkami. V porovnání s CAV 2001 byl zaznamenán největší rozdíl hmotnosti u 11letých dívek, kdy naše dívky vážily v průměru o 3,4 kg méně, což mohlo být způsobeno zpomalením růstu.

Nejnižší průměrná hodnota BMI $15,9 \text{ kg/m}^2$ byla u dívek ve věku 7 let. Zde byl zaznamenán pokles o $0,3 \text{ kg/m}^2$ oproti 6letým dívkám. Tento jev může souviset s nástupem AR. AR následuje kontrastně po období a stavu organismu, kdy má dítě nejnižší BMI a následně dochází vzestupu hodnot BMI, což potvrzuje i průměrná hodnota BMI u 8letých dívek.

V percentilovém pásmu BMI normální hmotnosti dominovala skupina dívek ve věku 8 let se 48,76 %. V oblasti zvýšené hmotnosti zastupovala nejvyšší průměrnou hodnotu skupina 10letých dívek s 17,57 %. V rámci hodnocení nadměrné hmotnosti a obezity dosáhla největšího procentuálního zastoupení 23,52 % skupina 6letých dívek. Z celkového počtu dívek ve věku 6–11 let se nacházelo 16,3 % se zvýšenou hmotností, 8,4 % s nadměrnou hmotností a 7 % bylo obézních.

Nejnižší průměrné hodnoty tělesného tuku jsme zaznamenali u skupiny 7letých dívek. Toto snížení může vysvětlovat již zmíněný nástup AR. Průměrné hodnoty % BFM u všech skupin dívek dosahovaly optimálních hodnot. Nejmenší přírůstek (kg) tělesného tuku byl zaznamenán mezi 6letými a 7letými dívkami, kde hodnota přírůstku činila 0,05 kg. Naopak největší přírůstek tělesného tuku (kg) byl zaznamenán mezi skupinami dívek 7 a 8letými a 9 a 10letými, kde hodnota u obou skupin činila 1,13 kg.

Nejvýraznější nárůst tukuprosté hmoty jsme zaznamenali mezi skupinou 9letých a 10letých dívek. Zde rozdíl činil 3,53 kg. Všechny námi naměřené skupiny děvčat spadaly

do kategorie normálových referenčních hodnot pro zastoupení FFM. Průměrné hodnoty FFM u našich dílčích souborů převyšovaly průměr doporučených hodnot.

S narůstajícím věkem hodnota ECM postupně vzrůstala. Největší nárůst o 1,27 kg jsme zaznamenali mezi 9letými a 10letými dívkami a nejnižší mezi 6letými a 7letými dívkami s hodnotou 0,25 kg.

U našich skupin dívek jsme zaznamenali nízké hodnoty indexu ECM/BCM. Průměrné hodnoty se pohybovaly od 0,53 u skupiny 6letých a 7letých dívek a 0,54 u 8letých až 11letých dívek. Velmi nízké hodnoty indexu ECM/BCM poukazují na větší množství tukuprosté hmoty a tím i lepší predispozici dívek k pohybovému výkonu.

Průměrné hodnoty BCMI se pohybovaly v rozmezí od 8,81 kg/m² do 9,17 kg/m² a odpovídají normě zdravých jedinců. Hodnoty BFMI se zvyšovaly s věkem. Od 2,7 kg/m² u 6letých až k 3,55 kg/m² u 11letých a nacházely se v optimálním pásmu bez zdravotních rizik. Největší rozdíl FFMI 0,3 kg/m² jsme zaznamenali mezi skupinami 9letých a 10letých dívek a také mezi dívkami 10letými a 11letými.

Na základě sledovaných parametrů se domníváme, že prepubertální spurt se snížil na věkovou hranici 9–10 let z původních 10–11 let (Riegerová et al., 2006).

Pouze polovina souborů se nachází z hlediska kategorizace percentilových pásem BMI v kategorii normální hmotnosti.

7 SOUHRN

Cílem této diplomové práce bylo porovnat vybrané somatické parametry a zdravotní ukazatele tělesného složení u dívek mladšího školního věku v rámci jednoletých věkových kategorií.

Teoretická část diplomové práce se zabývá růstem, vývojem, rozvojem jednotlivých tělesných frakcí v období mladšího školního věku. Dále diagnostickou metodikou určování tělesného složení a hodnocením obezity u dětské populace ve světě a v ČR.

V metodické části práce se zaměřuji na popis samotného přístroje InBody 720 pro analýzu tělesného složení, jenž využívá metodu bioelektrické impedance.

Výzkum probíhal v letech 2013, 2014 a 2015 na vybraných základních školách ve vybraných regionech ČR. Měření probíhalo v dopoledních hodinách ve školním prostředí. Probandi měli na sobě pouze lehký oděv a zákonní zástupci a učitelé byli předem poučeni o zásadách pro co nejpřesnější měření. Následně byla data výzkumného souboru statisticky zpracována v programu Microsoft Excel 2010.

Celkem se antropometrického vyšetření a odhadu tělesného složení metodou bioelektrické impedance na přístroji InBody 720 zúčastnilo 871 dívek, které byly rozděleny do věkových kategorií od 6 do 11 let.

Se zvyšujícím věkem rostla jak tělesná výška, tak tělesná hmotnost. Největší přírůstek tělesné výšky a hmotnosti byl zaznamenán mezi 9letými a 10letými dívkami. V tomto věkovém rozmezí docházelo také k celkovému největšímu přírůstku tělesného tuku, tukuprosté hmoty, kosterní svaloviny, extracelulární hmoty a buněčné hmoty. Můžeme tedy konstatovat, že u dívek v tomto věkovém období docházelo k velmi intenzivnímu tělesnému vývoji.

Nejnižší přírůstky tělesné hmotnosti, tělesného tuku, tukuprosté hmoty, kosterní svaloviny, extracelulární hmoty a buněčné hmoty jsme zaznamenali u dívek ve věkovém rozmezí 6–7 let. Lze konstatovat, že v první fázi vývoje mladšího školního věku se jedná o období plnosti, s méně intenzivním růstem a vývojem. Tento fakt by mohl být také způsoben přirozeným růstem a nástupem adiposity rebound (AR). Toto tvrzení potvrzují i hodnoty BMI, kdy nejnižší naměřená hodnota BMI 15,9 kg/m² byla u dívek ve věku 7 let.

Zde byl zaznamenán pokles o $0,3 \text{ kg/m}^2$ oproti 6letým dívkám. AR následuje kontrastně po období a stavu vývoje organismu, kdy má dítě nejnižší BMI a následně dochází k vzestupu BMI, což potvrzuje i hodnota BMI u 8letých dívek, u nichž by zaznamenán vzestup z $15,9 \text{ kg/m}^2$ na $16,6 \text{ kg/m}^2$.

Při hodnocení tělesné hmotnosti prostřednictvím percentilových pásem BMI jsme zaznamenali u 7letých dívek největší procentuální zastoupení v oblasti nízké hmotnosti, což mohlo být způsobeno již zmíněným nástupem AR. Z celkového počtu dívek ve věku 6–11 let se nacházelo 16,3 % se zvýšenou hmotností, 8,4 % s nadměrnou hmotností a 7 % bylo obézních. V ostatních obdobích nebyly růstové a vývojové změny natolik výrazné, proto se o nich v souhrnu nezmiňujeme.

U průměrných hodnot indexu ECM/BCM jsme zaznamenali snížené hodnoty od 0,53 do 0,54. Velmi nízké hodnoty indexu ECM/BCM poukazují na větší množství tukuprosté hmoty a tím i lepší predispozici dívek k pohybovému výkonu. Celkové rozdíly indexu ECM/BCM mezi věkovými skupinami nebyly výrazné.

Průměrné hodnoty indexu BCMI u našich dívek se pohybují v rozmezí od $8,81 \text{ kg/m}^2$ do $9,17 \text{ kg/m}^2$ a odpovídají normě zdravých jedinců. Také hodnoty BFMI v rozmezí od $2,76 \text{ kg/m}^2$ do $3,55 \text{ kg/m}^2$ se nacházejí v optimálním pásmu bez zdravotních rizik. A u indexu FFMI v rozmezí od $13,47 \text{ kg/m}^2$ do $14,42 \text{ kg/m}^2$ se hodnoty také pohybují v normách.

8 SUMMARY

The aim of this thesis was to evaluate the health indicators of body composition and comparison of selected parameters of body composition in girls' primary school age through InBody 720.

The theoretical part of the thesis deals with the development of body composition and characteristics of the individual components of the younger school age. Further diagnostic methodology for determining body composition and assessment of obesity in the child population in the world and in the Czech Republic.

In the methodological part focuses on the description alone InBody 720 for analyzing body composition, which uses the method of bioelectrical impedance.

Total research conducted in 2013, 2014 and 2015 in basic schools of the Olomouc region. The measurements took place in the morning in the school environment. Probandes were wearing only light clothes and were instructed on the principles for precise measurements. Subsequently, the data research group statistically processed in Microsoft Excel, 2010.

A total of anthropometric examination by bioelectrical impedance device InBody 720 871 girls participated, which were divided into ages 6 to 11 years.

During the measurement group it has been found that with increasing age grew as body height and body weight. The biggest gain height and weight was recorded between 9letými and 10-year girls. In this age range also took the largest overall increase in body fat, lean body mass, skeletal muscle, extracellular matrix and cell mass. So you can say that among girls in this age of an overall active physical development.

The lowest increases in body weight, body fat, lean body mass, skeletal muscle, extracellular matrix and cell mass was noted in girls in the age range of 6–7 years. It can be noted that in this period there is no such active growth as between 9letými 11letými and girls. This fact could be due to natural growth and the onset of adiposity rebound (AR). This statement is confirmed by BMI, the lowest value measured BMI 15.9 kg / m² were among girls aged 7 years. There was a decrease of 0.3 kg / m², compared 6letým girls. AR followed by a period and contrasting state of the organism when a child has the lowest BMI and then

there is the rise of BMI, which confirms the value of BMI in girls 8-year, for which the observed rise from $15.9 \text{ kg} / \text{m}^2$ to $16.6 \text{ kg} / \text{m}^2$.

When evaluating the BMI percentile ranges from very low weight to obesity was noted in 7-year girls' largest percentages of low weight, which could be due to the previously mentioned joining AR. Of the total number of girls aged 6–11 years was found 16.3% with increased weight, 8.4 % overweight and 7 % were obese.

For the average index values ECM / BCM we have seen reduced values from .53 to .54. Very low values of the index ECM / BCM indicate larger amounts of lean body mass and thus a better predisposition of girls to the motion power. Overall differences index ECM / BCM between age groups were not significant.

The average index value BCMI in our girls ranged from $8.81 \text{ kg} / \text{m}^2$ to $9.17 \text{ kg} / \text{m}^2$, and conform to healthy individuals. Also BFMI values ranging from $2.76 \text{ kg} / \text{m}^2$ to $3.55 \text{ kg} / \text{m}^2$ is found in the optimal range without health risks. And, in the index FFMI ranging from $13.47 \text{ kg} / \text{m}^2$ to $14.42 \text{ kg} / \text{m}^2$ values also moved in the standards.

9 REFERENČNÍ SEZNAM

- ACSM (2008). American College of Sports Medicine body fat standards. Revidé 16.10.2016 the World Wide Web: <http://bodycomp.ca/files/ACSM%20bodyfat%20standards.pdf>
- Behnke, R. (2006). *Kinetic anatomy. 2nd ed.* Champaign, IL: Human Kinetics.
- Beyerlein, A., Kries, R., Ness, A.R. , & Ong, K. (2011). Genetic Markers of Obesity Risk: Stronger Associations with Body Composition in Overweight Compared to Normal-Weight Children. *PLoS ONE* 6(4), 19–57.
- Blüher, S., Meigen, & C., & Gausche, R. (2011). Age-specific stabilization in obesity prevalence in german children: A cross-sectional study from 1999 to 2008. *International Journal of Pediatric Obesity: IJPO* : 6(2–2), 199–206.
- Bouchard, C. (1994). *Genetics of human obesities: Introductory notes.* Boca Raton: CRC Press.
- Bunc, V. (2006). Body composition as a determining factor in the aerobic fitness and physical performance of czech children. *Acta Univ. Palacki. Olomuc., Gymn.* 36(4), 39–44.
- Bunc, V., & Skalská, M. (2014). Are the Children's Predispositions for Physical Exercise Influenced by Their Body Mass? *American Journal of Sports Science and Medicine*, 2(5), 177–180.
- CBO 3. LF UK (2007). *Histologickopatologický atlas.* Retrieved 15.10. 2016 from the World Wide Web: <http://old.lf3.cuni.cz/histologie/atlas/index.htm>
- Cole, T. J., Bellizzi, M. C., & Flegal, K. (2000). Establishing a Standard Definition for Child Overweight and Obesity Worldwide International Survey. *BMJ*; (320), 1240–1243.
- Cheryl, D., Fryar, M. S., Margaret, D., & Carroll, M. (2014). Prevalence of overweight, obesity, and extreme obesity among adults: United States, trends 1960–1962 through 2007–2008. *National Center for Health Statistics*, 6(1), 1–6.

- Dietz, W. H. (2001). The obesity epidemic in young children. *BMJ : British Medical Journal*, 322(72–82), 313.
- Dörhöfer, R., & Pirlich, M. (2005). Data input. The BIA Compendium. Retrieved 15. 10. 2016 from the World Wide Web: <https://www.yumpu.com/en/document/view/13012439/the-biacompendium-data-inputde>.
- Dunford, M., & Dayle, A. (2012). *Nutrition for sport and exercise*. California: Wadsworth.
- Gába, A. (2011). *Hodnocení tělesného složení ve vztahu k pohybové aktivitě u žen ve věku 55–84 let*. Dizertační práce. Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Ganong, W. F. (2005). *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: Galén.
- Gecková Madarasová, A., Sigmundová, D. Katmal, M., & Dankulincová, Z. (2016). *Mezinárodní zpráva o zdraví a životním stylu dětí a školáků na základě výzkumu studie Health Behaviour in School-Aged Children realizované v roce 2014*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci
- GMON (n. d). Body-Mass-Index (BMI). Retrieved 18. 10. 2016 from the World Wide Web: www.gmon.eu.
- Gropper, S. S., Smith, J. L. & Groff, J. L., (2009) *Advanced nutrition and human metabolism*. Fifth edition. Australia: Wadsworth.
- Guo, M. W., Xu, J. P., Mori, E., & Sato, E., (1997). Expression of Fas ligand in murine ovary. *American Journal of Reproductive Immunology*, 37 (5), 391–398.
- Hainer, V. et al. (2004). *Základy klinické obezitologie*. 1.vyd. Praha: Grada
- Hainer, V. et al. (2011). *Základy klinické obezitologie II*. Praha: Nakladatelství Grada Publishing
- Hainerová, I.(2007). Vznik obezity na základě mutací genů ovlivňující energetickou bilanci. *Čas. Lékařů českých*, 146(3), 240–245.
- Havlíčková, L. (2004). *Fyziologie tělesné zátěže I. 2. vydání*. Praha: Karolinum.
- Heymsfield, S. (2005). *Human body composition*. Champaign, IL: Human Kinetics

- Heymsfield, S. B., Nuñez, C., Testolin, C., & Gallagher, D. (2000). Anthropometry and methods of body composition measurement for research and field application in the elderly. *European Journal of Clinical Nutrition*, *54*, 26–32.
- Heymsfield, S. B., Waki, M., & Kehayas, J. et al. (1991). Chemical and elemental analysis of human in vivo using improved body composition modes. *American Journal of Physiology*, *261*(8), 190–198.
- Heyward, V. D., & Wagner, D. R. (2004). *Applied body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Huang, T., Johnson, M., Figueroa-colon, R., & Dwyer, J. (2001). Growth of visceral fat, subcutaneous abdominal fat, and total body fat in children. *Obesity Research*, *9*(5), 283–289.
- Irving, B. A., Davis, C. K., Brock, D. W., Weltman, J. Y., Swift, D., Barrett, E. J., & Weltman, A. (2008). Effect of exercise training intensity on abdominal visceral fat and body composition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *40*(11), 24–32.
- Jürimäe, T., & Hills, A. (2001). Body Composition Assessment in Children and Adolescents. *Med Sport Sci. Basel*, *44*(2), 1–13.
- Xiong, K., He, H., Zhang, Y., & Ni, G. (2012). Analyses of body composition charts among younger and older chinese children and adolescents aged 5 to 18 years. *BMC Public Health*, *12*(1), 835.
- Jeukendrup, A. E., & Gleeson, M. (2000). *Sport Nutrition: An Introduction to Energy Production and Performance*. 2nd. Boca Raton, LA: CRC Press.
- Katzmarzyk, P. T., Shen, W., Baxter-Jones, A., Bell, J. D., Butte, N. F., Demerath, E. W., & Wells, J. C. K. (2012). Adiposity in children and adolescents: Correlates and clinical consequences of fat stored in specific body depots. *Pediatric Obesity*, *7*(5), 42–61.
- Kinkorová, I., Heller, J., & Moulis, J. (2009). Possibilities for the use of selected methods for the determination of body composition in children in their adolescent stage. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, *39*(1), 49–58.
- Kittnar, O. et al. (2011). *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada

- Kotani, K., et al. (1994). Sexual dimorphism of age-related changes in whole-body fat distribution in the obese. *Int. J.* 18(1), 49–58.
- Kotani, K., Tokunaga, K., Fujioka, S., & Kobatake, T. (1994). Sexual dimorphism of age-related changes in whole-body fat distribution in the obese. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders : Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 18(4), 207–202.
- Kopecký, M., Cymek, L., Matejovičová, B., & Charamza, J. (2013). *Základy fyzické antropologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Kumstát, M. et al. (2013). *Problematika výživových zvyklostí*. Brno: Masarykova univerzita
- Kyle, U. G., Boseaus, I., Lorenzo, A. Deurenberg, P., Elia, M., & Gómez, J. (2004). Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clinical nutrition*, 23(5), 1226–1243.
- Kyle, U. G., Schutz, Y., Dupertuis, Y. M., & Pichard, C. (2003). Body composition interpretation. *Nutrition*, 19(7), 597–604.
- Laning, D. (2010). Recruitment of brown fat and conversion of white into brown adipocytes: Strategies to fight the metabolic complications of obesity. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids*, 43(2), 87–93.
- Laurson, K. R., Eisenmann, J. C., & Welk, G. J. (2011). Body fat percentile curves for U.S. children and adolescents. *American Journal of Preventive Medicine*, 41(4), 87–92.
- Lobstein, T., & Frelut, M. L. (2003). Prevalence of overweight among children in Europe. *Obesity Reviews*, 4(4), 195–200.
- Lohman, T. G. (1992). *Advances in body composition assessment*. Champaign. Boca Raton, LA: CRC Press.
- Maffulli, N., Chan, K. M., Macdonald, R., & Malina, R. M. (2001). *Sports Medicine for Specific Ages and Abilities*. London: Churchill Livingstone.
- Malá, L., Malý, T., Zahálka, F., & Bunc, V. (2014). *Fitness assessment Body composition*. Praha: Karolinum,

- Mc Cubbin, L. D., & Mapuana, A. (2012). Discrimination and Obesity among Native Hawaiians. *Hawaii J Med Public Health* ;71(12), 346–352.
- McCarthy, H. D., Cole, T. J., & Fry, T. (2006). Body fat reference curves for children. *International journal of obesity*, 30(4), 598–603.
- McCarthy, H. D., Samani-Radia, D., Jebb, S. A., & Prentice, A. M. (2013). Skeletal muscle mass reference curves for children and adolescents. *Pediatric Obesity*,9(4), 249–259.
- Mitchel, H. (2016). The water in you. Retrieved 11. 10. 2016 from the World Wide Web: <http://water.usgs.gov/edu/propertyyou.html>
- Must, A., & Anderson, S. E. (2006). Body mass index in children and adolescents: Considerations for population-based applications. *International Journal of Obesity*, 30(4), 590–4.
- Müllerová, D., & Röhm,H. (2009). *Obezita - prevence a léčba. (1st ed.)*. Praha: Mladá fronta.
- Navrátil, L. et al. (2008). *Vnitřní lékařství pro nelékařské zdravotnické obory*. Praha: Grada Publishing.
- Nečas, E. et al. (2000). *Obecná patologická fyziologie. 1. vyd.* Praha: Karolinum
- Novak, L. P. (2011). Total body potassium and body cell mass from infancy through childhood and adolescence: gender differences and percentiles distribution. *International Journal of Body Compositio*, 9(2), 33–42.
- Ode, J. J., Pivarnik, J. M., Reeves, M. J., & Knous, J. L. (2007). Body mass index as a predictor of percent fat in college athletes and nonathletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(3), 403–409.
- O'Dea, J.,A., & Dibley, M.J., (2014). Prevalence of Obesity, Overweight and Thinness in Australian Children and Adolescents by Socioeconomic Status and ethnic/cultural Group in 2006 and 2012. *International Journal of Public Health*, 10(59), 819-828.
- Pařízková, J. (1998). Složení těla, metody měření a využití ve výzkumu a lékařské praxi. *Med. Sport. Boh. Slov*, 7 (1), 1–6.
- Pařízková, J. et al. (2007). *Obezita v dětství a dospívání*. Praha: Galén.

- Pastucha, D., Bartůňková, S., Filipčíková, R., Gallo, J., Havlíček, P., Hyjánek, J. & Šafář, M. (2014). *Tělovýchovné lékařství: vybrané kapitoly*. Praha: Grada.
- Péneau, S., González-carrascosa, R., & Gusto, G. (2016). Age at adiposity rebound: Determinants and association with nutritional status and the metabolic syndrome at adulthood. *International Journal of Obesity*, 40(7), 1150–1156.
- Provazník, K., & Komárek, L. (2004). *Manual prevence v lékařské praxi, souborne vydání*. Praha: Fortuna
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Hanex.
- Riegerová, J., & Ulbrichová, M. (1998). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého.
- Roberts, K. C., Shields, M., de Groh, M., Aziz, A., & Gilbert, J. (2012). Overweight and obesity in children and adolescents: Results from the 2009 to 2011 canadian health measures survey. *Health Reports*, 23(3), 37–41.
- Rokyta, R., Bernášková, K., & Křít, N. (2000). *Fyziologie*. Praha: IVS nakladatelství.
- Rolland-Cachera, M., Deheeger, M., Maillot, M., & Bellisle, F. (2006). Early adiposity rebound: Causes and consequences for obesity in children and adults. *International Journal of Obesity*, 30(9), 11–7.
- Roessner, S. (2002). Obesity: The disease of the twenty-first century. *International Journal of Obesity*, 26(4), 2–4.
- Sedlak, P., Parizkova, J., Danis, R., Dvorakova, H., & Vignerova, J. (2015). Secular changes of adiposity and motor development in czech preschool children: Lifestyle changes in fifty-five year retrospective study. *BioMed Research* 9(2), 33–42.
- Silbernagl, S., & Despopoulos, A. (2004). *Atlas fyziologie člověka*. Praha: Grada Publishing.
- Středa, L. (2009). *Univerzita hubnutí. 2. vyd.* . Retrieved 14.10.20016 from World Wide Web: www.euroinstitut.eu
- Svačina, Š (2008). *Jak na obezitu a její komplikace*. Praha: Grada

- Svačina, Š., & Rohn, H.K. (2010). *Poruchy metabolismu a výživy I. vyd.* Praha: Galén.
- Šamánek, M., & Urbanová, Z. (2008). Výskyt nadváhy a obezity u 7427 českých dětí vyšetřených v roce 2006. *Čes.-slov. Pediat.* 63(3), 120–125.
- 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(8), 286–289.
- Tláskal, P. (2006). Obezita dítěte (tuková tkáň, rizikové faktory, prevence). *Vox paediatricae*, 6(3),15-19.
- Toth, M. J., Tchernof, A., Sites, C. K., & Poehlman, E. T. (2000). Effect of menopausal status on body composition and abdominal fat distribution. *International Journal of Obesity*, 24(2), 226–231.
- Thompson, J. L., & Manore, M. M. (2000). *Body weight regulation and energy needs: weight loss.* In: Driskell JA, Wolinsky I, eds. *Energy-Yielding Macronutrients and Energy Metabolism in Sports Nutrition.* Boca Raton, LA: CRC Press.
- Vignerová, J., Humeníkova, L., Brabec, M., Riedlová, J., & Bláha, P. (2007). Long-term changes in body weight, BMI, and adiposity rebound among children and adolescents in the czech republic. *Economics and Human Biology*, 5(3), 409–425.
- Vignerová, J., & Bláha, P. (2001). *Sledování růstu českých dětí a dospívajících. Norma, vyhublost, obezita.* Praha: SZÚ
- Vignerová, J., Paulová, M., & Brabec, M., et al (2008) Longterm changes in BMI growth charts pattern for Czech children an adolescent. *Int. J. Obes. 16th Eur Congr. Obesity*, Geneva
- Vissers, D., Hens, W., Taeymans, J., Baeyens, J., Poortmans, J., & Gaal, L. V. (2013). The effect of exercise on visceral adipose tissue in overweight adults: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 8(2), 24–31.
- Volet, T. J., Bellizzi, M.C., Flegal, K.M., & Dietz, W.H. (2000). Overweight and definition for child overweight and obesity worlwide: international survey. *British Medical Journal*, 320, 1240–1243.

- Wells, J. C. K., & Fewtrell, M. S. (2008). Is body composition important for paediatricians? *Archives of Disease in Childhood*, 93(2), 168.
- Williams, M. H. (2010). *Nutrition for Health, Fitness, and Sport (4th Ed)*. New York: McGraw-Hill Companies.
- Williams, S., & Dickson, N. (2002). Early growth, menarche, and adiposite rebound. *The Lancet*, 359(9306), 580.
- Wood, R. J., (2005). The body composition tests. *American Journal of Preventive Medicine*, 41(2), 87–92.
- Zhang, Y., & Wang, S. (2011).Relation of body mass index, fat mass index and fat-free mass index to blood pressure in children aged 7–12 in Shandong, China. *Annals of Human Biology*, 38(3), 313–316.

10. PŘÍLOHY

Tabulka 1. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 6letých dívek (n= 68)

Parametry	M	SD	Min	Max
Tělesná výška (cm)	124,70	7,20	115,00	155,60
Tělesná hmotnost (kg)	25,50	6,40	18,50	58,80
Body Mass Index (kg/m²)	16,20	2,30	12,60	24,30
Tělesný tuk (%)	16,15	7,22	3,00	38,49
Tělesný tuk (kg)	4,46	3,28	0,60	18,60
Tukuprostá hmota (kg)	21,60	3,60	17,00	42,20
Svalová hmota (kg)	10,55	2,15	8,05	23,26
Extracelulární hmota ECM (kg)	7,28	1,24	5,90	14,46
Buněčná hmota BCM (kg)	13,78	2,36	11,03	27,74
Body cell mass index (kg/m²)	8,81	0,67	7,63	11,46
Fat free mass index (kg/m²)	13,47	0,96	11,87	17,43
Body fat mass index (kg/m²)	2,76	1,67	0,39	9,06

Tabulka 2. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 7letých dívek (n=187)

Parametry	M	SD	Min	Max
Tělesná výška (cm)	127,20	7,00	112,70	150,00
Tělesná hmotnost (kg)	26,20	5,60	17,40	52,20
Body Mass Index (kg/m²)	15,90	2,30	10,50	26,50
Tělesný tuk (%)	16,00	7,53	3,00	40,40
Tělesný tuk (kg)	4,51	3,14	0,60	20,60
Tukuprostá hmota (kg)	21,65	3,11	16,00	34,70
Svalová hmota (kg)	10,86	1,85	7,41	18,48
Extracelulární hmota ECM (kg)	7,53	1,08	5,67	12,21
Buněčná hmota BCM (kg)	14,13	2,03	10,33	22,49
Body cell mass index (kg/m²)	8,62	0,62	6,75	10,49
Fat free mass index (kg/m²)	13,21	0,91	10,22	16,19
Body fat mass index (kg/m²)	2,70	1,70	0,31	10,72

Tabulka 3. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 8letých dívek (n=201)

Parametry	M	SD	Min	Max
Tělesná výška (cm)	132,20	7,10	100,00	158,80
Tělesná hmotnost (kg)	29,20	5,80	18,20	56,30
Body Mass Index (kg/m²)	16,60	2,50	11,60	26,90
Tělesný tuk (%)	23,55	3,37	13,70	34,10
Tělesný tuk (kg)	5,64	3,60	0,60	22,20
Tukuprostá hmota (kg)	23,55	3,37	13,70	34,10
Svalová hmota (kg)	11,97	1,99	6,20	18,23
Extracelulární hmota ECM (kg)	8,21	0,94	4,69	13,88
Buněčná hmota BCM (kg)	15,34	2,18	9,01	22,22
Body cell mass index (kg/m²)	8,75	0,63	7,15	10,60
Fat free mass index (kg/m²)	13,42	0,94	10,94	16,38
Body fat mass index (kg/m²)	3,21	2,04	0,36	13,64

Tabulka 4. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 9letých dívek (n=148)

Parametry	M	SD	Min	Max
Tělesná výška (cm)	137,10	7,30	113,80	156,50
Tělesná hmotnost (kg)	31,70	7,60	17,50	66,80
Body Mass Index (kg/m²)	16,70	2,90	10,90	29,10
Tělesný tuk (%)	17,91	8,24	3,00	43, 91
Tělesný tuk (kg)	6,14	2,65	9,22	25,50
Tukuprostá hmota (kg)	25,56	4,07	15,20	39,40
Svalová hmota (kg)	13,15	2,42	6,40	21,22
Extracelulární hmota ECM (kg)	8,92	1,43	5,55	13,90
Buněčná hmota BCM (kg)	16,64	2,65	9,22	25,50
Body cell mass index (kg/m²)	8,80	0,75	5,75	10,70
Fat free mass index (kg/m²)	13,51	1,11	9,48	16,62
Body fat mass index (kg/m²)	3,20	2,19	0,31	12,44

Tabulka 5. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 10letých dívek (n=187)

Parametry	M	SD	Min	Max
Tělesná výška (cm)	144,60	8,00	119,50	165,70
Tělesná hmotnost (kg)	36,40	8,70	19,80	69,20
Body Mass Index (kg/m²)	17,20	2,90	12,80	26,40
Tělesný tuk (%)	18,53	8,32	3,00	40,61
Tělesný tuk (kg)	7,27	5,02	1,00	24,90
Tukuprostá hmota (kg)	29,09	4,83	17,40	44,30
Svalová hmota (kg)	15,22	2,86	8,34	24,20
Extracelulární hmota ECM (kg)	10,19	1,70	6,05	15,91
Buněčná hmota BCM (kg)	18,91	3,14	11,35	28,77
Body cell mass index (kg/m²)	8,97	0,75	7,05	11,21
Fat free mass index (kg/m²)	13,81	1,13	10,94	17,22
Body fat mass index (kg/m²)	3,40	2,17	0,43	10,63

Tabulka 6. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u skupiny 11letých dívek (n=117)

Parametry	M	SD	Min	Max
Tělesná výška (cm)	148,40	7,50	124,60	160,30
Tělesná hmotnost (kg)	38,40	7,80	21,10	65,40
Body Mass Index (kg/m²)	17,70	2,70	12,80	26,70
Tělesný tuk (%)	19,20	8,20	6,70	41,59
Tělesný tuk (kg)	7,74	4,64	1,60	21,90
Tukuprostá hmota (kg)	30,68	4,62	19,50	44,20
Svalová hmota (kg)	16,14	2,73	9,54	24,02
Extracelulární hmota ECM (kg)	10,76	1,64	6,83	15,62
Buněčná hmota BCM (kg)	19,92	3,00	12,67	28,58
Body cell mass index (kg/m²)	9,17	0,74	7,36	11,56
Fat free mass index (kg/m²)	14,12	1,11	11,33	17,78
Body fat mass index (kg/m²)	3,55	2,06	0,97	9,12

Tabulka 7. Četnostní a procentuální zastoupení dívek v jednotlivých percentilových pásmech BMI

Věk	n	Percentilová pásma BMI											
		< 3. Velmi nízká hmotnost		3.–25. Snížená hmotnost		25.–75. Normální hmotnost		75.–90. Zvýšená hmotnost		90.–97. Nadměrná hmotnost		> 97. Obezita	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
6	68	1	1,47	7	10,29	34	50	10	14,71	8	11,76	8	11,76
7	189	6	3,17	39	20,63	85	44,97	33	17,46	14	7,41	12	6,35
8	201	1	0,5	36	17,91	98	48,76	31	15,42	18	8,96	17	8,46
9	148	2	1,35	36	24,32	68	45,95	24	16,22	9	6,08	9	6,08
10	148	1	0,68	35	23,65	66	44,59	26	17,57	10	6,76	10	6,76
11	117	3	2,56	27	23,08	53	45,3	18	15,38	11	9,4	5	4,27
Celkem	871	14	1,61	180	20,67	404	46,38	142	16,3	70	8,04	61	7

Tabulka 8. Přehled signifikantních rozdílů mezi věkovými kategoriemi dívek

	6 let–7 let	7 let–8 let	8 let–9 let	9 let–10 let	10 let–11 let
Tělesná výška (cm)	+	+	+	+	+
Tělesná hmotnost (kg)	--	--	--	+	--
BMI (kg/m²)	--	--	--	--	--
BFM (kg)	--	--	--	--	--
BCM (kg)	--	+	+	+	--
ECM (kg)	--	--	--	--	--
BF (%)	--	--	--	--	--
SMM (kg)	--	+	+	+	--

Vysvětlivky: BMI – body mass index; BFM – tělesný tuk; BCM – buněčná hmota; % BF – procentuální vyjádření tělesného tuku; SMM – kosterní svalová hmota